

## KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

## PUBLICATION

(51) IPC Code: C308 25/02  
(11) Registration No.: 10-0251035 (24) Registration Date: 10 January 2000  
(65) Publication No. : P1990-0000001 (43) Publication Date : 1 January 1990  
(21) Application No.: 10-1994-0026398 (22) Application Date: 14 October 1994

(73) Patentee:  
NEURAL SYSTEMS Co., Ltd.

(72) Inventor:  
ASAKAWA DOSIHUMI  
SINDO MASAHIRO  
YOSIMIJU DOSIKAJU  
UEYAMA SUMIYOSI

(54) Title of the Invention:

Method and Apparatus for Forming Single Crystal Thin Film, Method and Apparatus for Radiating Beam, and Apparatus for Reflecting Beam

## Abstract:

An ECR ion generator 5 forms the flow of downward almost neutral Ne atoms to form a single crystal thin film on a polycrystalline substrate using plasma CVD. Reactant gas, such as Silane gas supplied from a reactant gas inlet pipe 13, is scattered over a SiO<sub>2</sub> substrate 11 due to the flow of the Ne atoms. Thus, an amorphous Si thin film is grown from the substrate 11. At the same time, some of Ne atoms having high orientation are incident directly on the substrate 11 while remnants of Ne atoms are reflected by a reflector 12 and then incident on the substrate 11. The reflector 12 is set so that all orientations of the Ne atoms being incident on the substrate 11 are perpendicular to the densest plane of a single crystal Si. Thus, the grown amorphous Si thin film is sequentially transformed to a single crystal Si thin film having a crystal orientation which is arranged so that the densest planes are respectively perpendicular to the orientations of incident atoms, due to Bravais Law. As a result, a single crystalline thin film is formed on a polycrystalline substrate.

10-0251035

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>  
C30B 25/02

(45) 공고일자 2000년04월15일

(11) 등록번호 10-0251035

(24) 등록일자 2000년04월10일

(21) 출원번호	10-1994-0026398	(65) 공개번호	특1990-0000001
(22) 출원일자	1994년10월14일	(43) 공개일자	1990년01월01일
(30) 우선권주장	93-281748 1993년10월14일 일본(JP) 93-285674 1993년10월20일 일본(JP) 93-341281 1993년12월10일 일본(JP) 94-058887 1994년03월29일 일본(JP)		
(73) 특허권자	가부시끼가이샤 뉴랄시스템스 마사카와 도시후미 일본국 도오교도 신주꾸구 이찌가야사나이쵸 21-8 미나미사와빌딩가부시끼 가이샤 메가 헵스 신도 마사히로		
(72) 발명자	일본국 오사카 532 오사카시 요도가와구 미야하라 4쵸메 5-36 마사카와 도시후미 일본국 가나가와켄 야마토시 주끼미노 6-9-25 신도 마사히로 일본국 오사카후 수미타시 메사카쵸 1-12-38 가부시끼가이샤 메가 헵스나이 요시미주 도시카주 일본국 오사카후 수미타시 메사카쵸 1-12-38 가부시끼가이샤 메가 헵스나이 우에야마 수미요시 일본국 오사카후 수미타시 메사카쵸 1-12-38 가부시끼가이샤 메가 헵스나이 이화익		
(74) 대리인			

심사관 : 김상은

(54) 단결정 박막을 형성하는 방법과 장비, 빔 조사장치, 빔 조사방법과 빔 반사장치

요약

플라즈마 CVD를 이용하여, 다결정 기판위에 단결정 박막을 형성하기 위하여, 아래로 지향된 거의 중성인 Ne 원자의 흐름이 ECR 미온발생기(2)에 의해 형성된다.

반응 기체 인렛 파이프 (13) 으로부터 공급되는 실란(silane) 기체와 같은 반응 기체가 Ne 원자의 흐름의 작용에 의해 SiO<sub>2</sub> 기판(11)에 뿌려져, 플라즈마 CVD에 의해 기판(11)에 아몰포스 Si 박막이 성장된다.

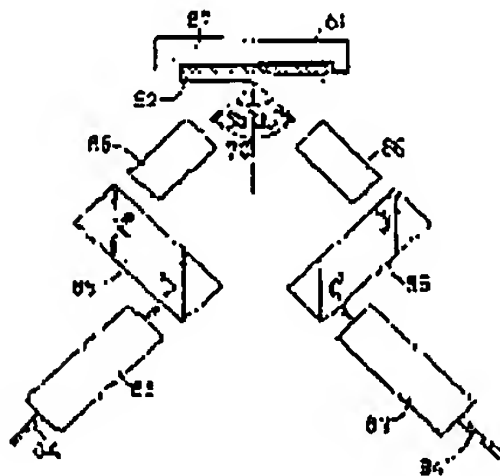
동시에, 고지향성을 갖는 Ne 원자의 흐름의 일부가 기판(11)에 직접 입사되는 반면, 다른 하나의 부분은 반사 장치(12)에 의해 경로가 휘어진 후에 기판(11)에 입사된다.

반사 장치(12)는 기판(11)에 입사되는 Ne 원자의 흐름의 모든 부분의 방향이 단결정 Si의 가장 조밀한 평면에 수직하도록 설정된다.

그러므로, 성장되는 아몰포스 Si 박막이 연속적으로, 브라베스의 법칙의 작용에 의해, 가장 조밀한 평면들이 각 입사방향에 수직하도록 정렬된 결정방향을 가지는 단결정 Si 박막으로 변환된다.

이렇게하여, 다결정 기판위에 단결정 박막이 형성된다.

도면



**명세서****[발명의 명칭]**

단결정 박막을 형성하는 방법과 장비, 빔 조사장치, 빔 조사방법과 빔 반사장치

**[도면의 간단한 설명]**

제1도는 본발명의 제1실시예에 따른 방법을 수행하는데 적합한 장치를 나타낸 개략도.

제2a도 내지 제2c도는 콜리메이터의 구조를 나타낸 사시도.

제3a도 및 제3b도는 시료를 나타낸 단면도.

제4도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법을 수행하는데 적합한 장치를 나타낸 정단면도.

제5도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 반사기를 나타낸 사시도.

제6a도, 제6b도는 제6c도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 반사기의 일례를 나타낸 평면도, 측면도 및 정면도.

제7도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 ECR 이온 발생의 특성을 나타낸 그래프.

제8도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 반사기의 또 다른 예를 나타낸 사시도.

제9도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 반사기의 또 다른 예를 나타낸 사시도.

제10a도, 제10b도 및 제10c도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 반사기의 또 다른 예에 대한 3가지 외관을 나타낸 도면.

제11a도 및 제11b도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 반사기의 또 다른 예를 나타낸 구성도.

제12a도 및 제12b도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법에서 사용된 반사기의 또 다른 예를 나타낸 구성도.

제13도는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법을 수행하는데 적합한 장치를 나타낸 정단면도.

제14도는 본 발명의 제4실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.

제15도는 본 발명의 제4실시예에 따른 장치의 확인 테스트 결과.

제16도는 본 발명의 제5실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.

제17도는 본 발명의 제5실시예의 반사기를 나타낸 사시도.

제18도는 제17도에 도시된 반사기의 평면도.

제19도는 제17도에 도시된 반사기의 확대 사시도.

제20도는 제17도에 도시된 반사기의 확대 사시도.

제21도는 제17도에 도시된 반사기의 평면도.

제22도의 A-A선에 따른 단면도.

제23도는 본 발명의 제6실시예에 따른 장치를 나타낸 사시도.

제24도는 본 발명의 제7실시예에 따른 방법을 나타낸 사시도.

제25도는 본 발명의 제8실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.

제26도는 본 발명의 제8실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.

제27도는 본 발명의 제8실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.

제28도는 본 발명의 제9실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.

제29도는 본 발명의 제9실시예의 반사 유니트를 나타낸 정단면도.

제30도는 본 발명의 제9실시예의 반사 유니트를 나타낸 평면도.

제31도는 본 발명의 제10실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.

제32도는 본 발명의 제11실시예에 따른 장치를 나타낸 사시도.

제33도는 본 발명의 제11실시예에 따른 장치를 나타낸 평면도.

제34도는 본 발명의 제11실시예에 따른 장치의 정면도.

제35도는 본 발명의 제11실시예에 따른 장치를 나타낸 평면도.

제36도는 본 발명의 제12실시예에 따른 장치를 나타낸 사시도.

제37도는 본 발명의 제13실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.

제38도는 본 발명의 제13실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.

- 제39도는 본 발명의 제13실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제40도는 본 발명의 제13실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제41도는 본 발명의 제13실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제42도는 본 발명의 제13실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제43도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제44도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제45도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제46도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제47도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제48도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제49도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제50도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제51도는 본 발명의 제14실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제52도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제53도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제54도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제55도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제56도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제57도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제58도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제59도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제60도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제61도는 본 발명의 제17실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제62도는 본 발명의 제19실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제63도는 본 발명의 제19실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제64도는 본 발명의 제19실시예에 따른 방법을 나타낸 정단면도.  
 제65도는 본 발명의 제19실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제66도는 본 발명의 제20실시예에 따른 방법을 나타낸 공정도.  
 제67도는 본 발명의 제21실시예에 따른 방법을 나타낸 평면도.  
 제68도는 본 발명의 제23실시예에 따른 장치를 나타낸 평면도.  
 제69도는 본 발명의 제24실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.  
 제70도는 본 발명의 제24실시예에 따른 또 다른 장치를 나타낸 정단면도.  
 제71도는 본 발명의 제25실시예에 따른 장치를 나타낸 일부절개 단면도.  
 제72도는 본 발명의 제25실시예에 따른 또 다른 장치를 나타낸 평면도.  
 제73도는 본 발명의 제26실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.  
 제74도는 본 발명의 제27실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.  
 제75도는 본 발명의 제28실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.  
 제76도는 본 발명의 제29실시예에 따른 장치를 나타낸 정단면도.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 기관, 즉 임의의 매질 위에 단결정 박막을 형성하는 방법과 장치에 관한 것으로, 선택적이고 효율적인 단결정 박막의 형성을 수행할 수 있는 단결정 박막의 형성방법과 장치에 관한 것이며, 또한, 기관 위에 단결정 박막 또는 흑방향으로 배향된 다결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있도록 하는 빔 조사장치, 빔 조사방법과 빔 반사장치에 관한 것이다.

플라즈마 화학증착법(plasma CVD)은 화학증착 공정(CVD)의 일종으로, 반응기체를 플라즈마 상태로 만들어 활성 라디칼과 이온을 형성하고, 활성 분위기 하에서 화학반응이 일으며, 비교적 낮은 온도에서 기관 위에 소정의 물질의 박막을 형성하는 방법이다. 저온에서 다양한 형태의 막을 형성할 수 있는 플라즈마 CVD는, 결정화를 방지하면서 아몰포스 박막을 형성할 수 있고, 플라스틱 기관과 같은 내열성이 없는 기관을 사용할 수 있으며, 형성된 막의 기관과의 반응을 방지할 수 있다는 이점을 갖는다. 따라서, 플라즈

마 CVD의 응용 범위는 특히 반도체 산업과 연계하여 점점 더 확대되고 있다.

결정화를 촉진하는 온도 하에서 플라즈마 CVD를 수행함으로써 단 결정 기판 위에 소정의 물질의 단결정 박막을 에피택셜하게 형성할 수 있다.

일반적으로, 소정 물질의 단결정 박막을 동일한 결정 배향을 갖는 동일한 재료의 단결정 기판 위에 형성하기 위해서는, 에피택셜 성장공정이 채용될 수 있다. 그러나, 에피택셜 성장공정에서는 다결정 기판 또는 아몰포스 기판 위에 단결정 박막을 형성하는 것이 불가능하다. 따라서, 아몰포스 기판 또는 다결정 기판과 같은 서로 다른 결정구조를 갖는 기판, 또는 다른 재료의 기판 위에 단결정 박막을 형성하기 위해서는, 아몰포스 박막 또는 다결정 박막을 기판 위에 임시로 형성한 후에 이를 단결정 박막으로 변환한다.

일반적으로, 다결정 또는 아몰포스 반도체 박막은 용융 재결정화(fusion recrystallization) 또는 측방향 고상 에피택시(lateral solid phase epitaxy)에 의해 단결정화된다.

그러나 상기한 공정은 다음과 같은 문제를 갖는다. 용융 재결정화에서는, 박막이 용해점이 높은 재료로 만들어질 경우 기판이 심하게 열변형되어, 사용할 때에 박막의 물리적, 전기적 특성을 손상시킨다. 더욱이, 박막을 용융시키기 위해서 전자 빔 또는 레이저 빔이 사용된다. 따라서, 전자 빔 또는 레이저 빔의 조사 지점을 기판의 전체 표면을 따라 주사할 필요가 있어, 재결정화에 많은 시간과 높은 비용이 요구된다.

한편, 측방향 고상 에피택시는 기판을 형성하는 재료의 결정화 방법에 의해 쉽게 영향을 받는 반면에, 이러한공정에 있어서 성장속도가 느려 불리하다. 예를 들어, 약 10 $\mu$ m의 거리에 걸쳐 단결정 박막을 형성하기 위해서는, 상기 공정은 최소한 10시간을 필요로 한다. 더욱이, 어느 정도 성장이 진행된다면 격자의 결함이 초래되어 단결정의 성장이 중단되므로, 크기가 큰 결정 입자를 얻기 어렵다.

더구나, 상기 각 공정에서는, 또한, 시드 결정(seed crystal)을 다결정 또는 아몰포스 박막과 접촉되도록 할 필요가 있다. 또한, 박막의 주 표면과 나란한 방향, 즉 측 방향으로 단결정이 성장하므로, 결정의 성장 거리가 증가되어 단결정의 성장 중에 다양한 장애가 발생한다. 예를 들어, 기판이 유리나 같은 아몰포스 재료로 만들어지는 경우, 기판에 격자위치의 규칙성이 전혀 없으며, 이러한 불규칙성이 단결정의 성장에 영향을 미쳐 결정 입자의 크기가 큰 다결정 막의 성장을 야기한다. 또한, 측 방향의 성장으로 인해, 기판의 임의의 영역 상에 소정의 결정 배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성하기가 어렵다.

상기한 종래기술의 문제점들을 해결하기 위하여, 박막의 수직성장을 이용하여 성장거리를 줄임으로써 성장시간을 단축시키려는 시도가 이루어진 바 있다. 즉, 시드 결정을 다결정 또는 아몰포스 박막의 표면 전체에 접촉시켜 박막의 주표면에 수직인 방향, 즉 수직방향으로 고상 에피택셜 성장을 일으키는 방법이 시도되어 왔다. 그러나, 그 결과는, 시드 결정이 아몰포스 박막 등에 부분적으로만 접촉되며, 접촉부분에서 측 방향의 에피택셜 성장만이 일어나므로, 예측된 것과 같은 수직 고상 에피택셜 성장에 의한 단결정 박막의 형성은 불가능하였다. 더욱이, 이 방법을 따를 경우, 시드 결정이 성장된 단결정에 부착되어, 이들을 분리하기 상당히 어려워, 성장된 박막이 시드 결정을 수반한 기판으로부터 분리되어 버린다는 문제가 있었다. 아울러, 소정 형태의 시드 결정을 소정 위치에 정확하게 배치해야 하므로, 기판의 임의의 영역 위에 소정의 결정 배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성하는 것은 실제로 불가능하다.

기판 자체가 단결정 구조를 갖는 경우, 기판 위에 기판의 결정배향과 다른 결정배향을 갖는 단결정 박막을 형성하는 것은 종래의 어떠한 방법으로도 불가능하다.

이러한 사실은 단결정의 측이 결정 입자 사이에 같은 방향으로 정렬되는 다결정 박막, 즉, 측 방향으로 배향된 다결정 박막에도 적용된다. 즉, 종래기술로는 임의의 기판 원하는 방향으로 배향된 측방향의 배향을 갖는 다결정 박막을 형성하는 것은 곤란하다.

본 발명자는, 고상 에피택시의 수직 성장에 실제적인 시드 결정이 사용되는 경우에는, 그들 사이의 접촉 때문에 성장된 단결정 박막을 시드 결정으로부터 분리하기가 곤란하여, 넓은 면적의 가성적인 시드 결정이 실제적인 시드 결정 대신에 사용되어, 결정성장의 종료시에 단결정의 표면에는 어떠한 실제적인 부착이 없이 단결정의 표면전체에 훌륭한 상태로 접촉되는 시드 결정과 동일한 효과를 주는 가상적인 시드 결정을 얻을 수 있다면 상기한 문제점이 해결될 수 있다는 것을 발견하였다. 본 발명은 이러한 기본적인 아이디어에 근거하고 있다.

본 발명에 따르면, 단결정 박막 형성방법은, 사전에 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 박막 또는 다결정 박막을 먼저 형성한 다음, 형성되어질 단결정 박막 내부의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수개의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 중성 원자 또는 중성분자의 빔을 상기 아몰포스 박막 또는 다결정 박막에 조사함으로써, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하도록 구성된다.

상기 박막은 결정화 온도 이하의 온도하에 있으므로, 표면근처에 형성되는 단결정은 시드 결정으로서 역할을 하며, 수직 고상 에피택셜 성장에 의해 단결정이 심부를 향해 성장되어, 그것의 두께 방향을 따라 박막의 전 영역을 단결정화한다. 박막의 결정화 온도를 초과하는 온도하에 있게 되면, 형성된 단결정은 열적 평형상태에 있는 다결정 구조로 바뀐다. 한편, 결정화 온도보다 훨씬 낮은 온도에서는 심부를 향한 어떠한 결정화도 진행되지 않는다. 따라서, 박막의 온도는, 결정화 온도 바로 아래의 레벨과 같이, 결정화 온도 이하의 높은 레벨에 있도록 조정된다.

아몰포스 박막 또는 다결정 박막으로부터 변환에 의해 형성된 시드 결정은 심부에 남아있는 아몰포스 박막 또는 다결정 박막층과 일체화된다.

즉, 이 층은 시드 결정과 완전하게 접촉된다. 따라서, 수직 고상 에피택셜 성장이 우수한 상태에서 진행된다. 더욱이, 시드 결정과 고상 에피택셜 성장에 의해 형성된 단결정은 동일한 정 방향을 갖는 동일한 물질로 이루어지므로, 단결정 박막의 형성 후에 시드 결정을 제거할 필요가 없다. 또한, 수직 고상 에피



택셀 성장체 의해 형성된 단결정 박막은 단시간 내에 원하는 상태로 효율적으로 얻어질 수 있다.

본 발명에 따른 방법에서는, 다결정 기판 또는 아몰포스 기판을 포함하는 기판 위에 단결정 박막을 형성할 수 있는 반면에, 기판의 온도를 상당히 높은 레벨로 올릴 필요가 없다. 따라서, 액정 디스플레이의 박막 트랜지스터에 적용되는 범용 반도체 박막 또는 3차원 LS에 적용되는 단결정 박막등과 같은 단결정 박막을 용이하게 얻을 수 있다. 공지된 금속 증착 막이 다수의 공극에 의해 품질이 열악하여, 이것이 전자회로의 접속에 적용될 경우 마이그레이션 현상이 일어나 단선이 쉽게 일어날 수 있는 반면에, 본 발명에 따르면 그러한 문제를 방지할 수 있다.

빔을 구성하는 원자의 원자량은 상기 소정 물질을 형성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 작은 것이 바람직하다.

상기 박막에 가해지는 빔을 형성하는 원자 또는 분자를 형성하는 원자의 원자량은 박막을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 낮으므로, 가해진 빔을 구성하는 대부분의 원자는 박막의 표면 또는 그 근처에서 후방으로 산란되어 박막에는 거의 남지 않는다. 따라서, 단결정 박막 내부의 그러한 잔류 원자에 의한 박막의 전기적/물리적 특성은 거의 변화하지 않는다.

바람직하게는, 상기 빔은 단일전자 사이클로트론 공명형(single electron cyclotron resonance type) 이온 발생원과 이온 발생원과 아몰포스 박막 또는 다결정 박막 사이의 경로에 배치되는 반사기에 의해 얻어진다.

박막에 가해지는 빔은 하나의 빔 발생원과 그 경로에 배치된 반사기에 의해 얻어지므로, 복수의 빔 발생원을 필요로 하지 않으면서도 서로 다른 복수의 소정 방향으로부터의 빔으로 기판을 조사하는 것이 가능하다. 즉, 본 발명에 따른 방법에서는 복잡한 구조를 갖는 단일 빔 발생원만으로 충분하므로, 간단한 장치 구조로 단결정 박막이 형성될 수 있다. 단지 하나의 빔 발생원으로 충분하므로, 고진공 하에서 박막을 형성하는 것이 가능하다. 더욱이, 상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명형 이온 발생원에 의해 형성되므로, 이온 빔이 높은 지향성을 갖고, 이온을 중성화하는 어떠한 수단없이도 이온 발생원으로부터 소정 거리 이상의 위치에 대해 우수한 지향성을 갖는 강력한 중성 빔을 얻을 수 있다.

본 발명에 따른 방법에서는, 미리 기판의 표면 위에 형성된 아몰포스 박막 또는 다결정 복수의 방향으로부터 원자 또는 분자로 이루어진 빔으로 조사된다. 상기 빔은 조사될 때 물질에 스퍼터링을 야기시키지 않는 에너지 레벨에 있으므로, 브라비스(Bravais)의 법칙에 의해, 아몰포스 박막 또는 다결정 박막의 표면에 가까운 층은, 빔이 조사된 방향에 수직인 평면이 가장 밀도가 높은 결정면이 되도록 하는 결정배향을 갖는 결정으로 변환된다. 상기 복수의 빔은 서로 다른 방향을 갖는 복수의 가장 밀도가 높은 결정면에 수직인 방향에서 가해지므로, 생성된 결정의 배향이 하나의 방향으로 설정된다. 즉, 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 박막이 아몰포스 박막 또는 다결정 박막의 표면 근처에 형성된다.

또한, 본 발명자는, 사진에 박막을 형성하는 대신에, 박막을 성장시키고, 이와 동시에 이것을 단결정으로 변환시킴으로써 단결정 박막을 얻을 수 있다는 것을 발견하였다. 본 발명은 또한 이러한 아이디어에도 근거하고 있다.

본 발명에 따라, 단결정 박막을 형성하는 방법은, 플라즈마 화학증착만으로는 소정 물질의 결정화가 일어나지 않은 온도 하에서 기판 위에 반응 가스를 공급함으로써 다결정 기판 또는 아몰포스 기판 위에 플라즈마 화학증착을 이용하여 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 한편, 이와 동시에 형성되어질 단결정 박막 내부에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 기판을 조사한다.

본 발명에 따른 방법에서는, 플라즈마 화학증착에 의해 소정 물질의 박막이 기판 위에 형성되는 한편, 상기 기판은 복수의 방향에서 가스의 빔으로 조사된다. 상기 가스 빔은 조사될 때 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 에너지 레벨에 있으므로, 브라비스의 법칙이 적용되어, 형성될 소정 물질의 박막이 빔의 방향에 수직인 평면이 가장 밀도가 높은 결정면을 이루도록 하는 결정배향을 갖는 결정으로 연속적으로 변환된다. 상기 기판은 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 복수의 가스빔으로 조사되므로, 형성된 결정은 단지 하나의 배향만을 갖게 된다. 즉, 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 박막이 형성된다.

어떠한 빔의 조사도 없이 플라즈마 화학증착만으로 소정 물질의 결정화가 가능한 온도 이하에서는, 결정의 배향이 빔 조사의 방향에 관계없이 임의로 지향되어 정렬이 이루어질 수 없는 한편, 다결정 막이 형성된다. 따라서, 플라즈마 화학증착만으로는 결정화가 불가능한 낮은 레벨로 온도조절이 수행된다.

더욱이, 본 발명에 따른 방법에서는, 단결정으로 변환이 플라즈마 화학증착에 의한 박막의 성장공정에 동시에 순차적으로 진행된다. 따라서, 저온에서 두께가 두꺼운 단결정 박막을 형성할 수 있다.

바람직하게는, 상기 가스는 불활성 가스이다.

기판이 불활성 가스에 의해 조사되므로, 조사 후에 성장된 박막 내부에 잔류하는 원자 또는 이온이 불순물로서 단결정 박막의 전기적/물리적 특성에 악영향을 끼치지 않는다.

상기 불활성 가스를 구성하는 원소의 원자량은 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 작은 것이 바람직하다.

상기 불활성 가스를 구성하는 원소의 원자량이 박막으로 성장되는 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 최대 원자량보다 낮으므로, 가해진 불활성 가스의 원자 또는 이온의 대부분은 박막의 표면 또는 그 근처에서 후방으로 제거되어, 박막 내부에는 거의 남지 않는다.

상기 소정 물질은 상온에서 가스 상태로 존재하는 가스 물질을 구성하는 원소를 함유하며, 가스의 빔이 상기 가스 물질의 빔인 것이 바람직하다.

상기 가해진 가스는 박막으로서 성장되는 물질을 구성하는 원소를 함유한다. 따라서, 조사 후에 상기 원

소의 원자 또는 이온이 잔류한다 하더라도, 이것들이 불순물로서 형성된 단결정 박막에 어떠한 악영향도 미치지 않는다. 더욱이, 상기 원소를 반응가스에 도입하지 않고도 가스 빔을 가하는 것만으로 박막에 상기 원소를 제공하는 것도 가능하다.

바람직하게는, 상기 반응가스는 상기 소정 물질에 첨가될 불순물 원소로 구성된 반응가스를 함유한다.

반응가스가 박막으로서 성장되는 물질에 첨가될 불순물 원소를 포함하므로, 예를 들어, 반도체 단결정 박막의 형성시에 p형 또는 n형의 반도체 단결정 박막을 형성하는 것이 가능하다. 즉, 원하는 불순물을 함유한 단결정 박막을 형성하는 것이 가능하다.

바람직하게는, 복수 종류의 불순물 원소가 사용되어, 복수의 종류의 불순물 원소 각각에 의해 구성된 복수 종류의 반응가스가 기판 위에 교대로 제공된다.

복수 종류의 불순물 원소 각각에 의해 구성된 복수 종류의 반응가스 물질이 기판 위에 교대로 공급되므로, 복수 종류의 불순물 원소 각각을 함유한 복수 종류의 단결정 층을 갖는 단결정 층을 형성할 수 있으며, 예를 들어, 반도체 단결정 박막의 형성시에 p형 반도체 단결정 층 위에 n형 반도체 단결정 층을 형성할 수 있다.

바람직하게는, 상기 가스의 빔은 하나의 빔 발생원과 빔 발생원과 기판 사이의 경로에 배치되는 반사기에 의해 얻어진다.

기판에 가해진 가스의 빔이 하나의 빔 발생원과 경로에 배치된 반사기에 의해 얻어지므로, 복수의 빔 발생원을 필요로 하지 않으면서도 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 기판에 가스 빔을 조사하는 것이 가능하다. 즉, 복잡한 구조를 갖는 하나의 빔 발생원만을 준비하여, 본 발명에 따른 방법에 있어서 간단한 구조를 갖는 단결정 박막이 형성될 수 있다. 하나의 빔 발생원만으로 충분하므로, 고진공 하에서 박막을 형성하는 것이 가능하다.

바람직하게는, 상기 빔 발생원은 가스의 이온빔을 발생하는 이온 발생원이고, 상기 반사기는 실질적으로 금속으로 만들어진 금속 반사기이다.

상기 빔 발생원은 가스의 이온빔을 발생하는 이온 발생원이고, 반사기는 실질적으로 금속재로 이루어진 금속 반사기이다. 따라서, 이온 발생원에서 발생하는 가스의 이온빔은 금속 반사기에 의해 반사될 때 중성빔으로 변환된다. 따라서, 상기 기판은 방향이 정렬된 평행한 빔으로 조사된다. 더욱이, 전기절연 기판으로부터 상기 기판을 제조할 수 있다.

바람직하게는, 상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명형 이온 발생원이다.

상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명형 이온 발생원으로 구성된다. 따라서, 이온 빔은 높은 지향성을 갖는 한편, 이온을 중성화하는 수단을 사용하지 않고도 이온 발생원으로부터 소정 거리 이상 떨어진 부위에서 강력한 중성 빔을 얻을 수 있다. 중성빔을 반사기에 의해 반사시키고 이것을 기판에 가함으로써, 복수의 소정 방향으로부터의 평행 빔으로 기판을 조사할 수 있다. 더욱이, 상기 기판도 전기절연 기판으로부터 제조할 수 있다.

본 발명에 따르면, 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법은, (a) 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 박막 위에 마스크 물질을 형성하는 단계와, (c) 마스크 물질을 선택적으로 제거하는 단계와, (d) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 선택적으로 제거된 마스크 물질을 스크린으로 사용하여, 형성된 단결정 박막 내부에 서로 다른 방향을 갖는 복수의 가장 밀도가 큰 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터팅을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 단계를 구비한다.

바람직하게는, 단계(d)에서 빔을 가하는 방향을 가하는 방향을 변화시키는 동안, 상기 단계 (b) 내지 (d)를 여러번 수행함으로써, 박막을 복수 종류의 결정배향을 갖는 단결정으로 선택적으로 변환한다.

본 발명에 따른 방법에서는, 미리 기판 위에 형성된 아몰포스 또는 다결정 박막이 복수의 방향으로부터 가스 빔으로 조사된다. 이를 빔은 조사될 때 물질에 스퍼터팅을 일으키지 않는 에너지 레벨에 있으므로, 브라비스의 법칙이 적용되어, 조사되는 박막의 표면에 부근에 있는 층이 빔의 방향에 수직인 평면이 가장 밀도가 높은 결정면이 되도록 하는 결정배향을 갖는 결정으로 변환된다. 복수의 가스 빔의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 가해지므로, 형성된 결정이 단일 배향으로 설정된다. 즉, 정렬된 결정배향을 갖는 단결정이 다결정 박막의 표면 근처에서 형성된다. 더욱이, 마스크 물질이 조사에 선행하여 조사되어질 박막 위에 형성되고, 이 마스크 물질이 선택적으로 제거된다. 따라서, 마스크 물질이 선택적으로 제거된 부분에 해당하는 기판의 특정 영역으로 제한되어 조사가 이루어지므로, 단결정 층이 상기 특정영역에 해당하는 박막의 표면 부분 근처에서만 형성된다.

더구나, 박막이 결정화 온도 이하의 온도에 있으므로, 표면 근처에 형성된 단결정이 시드 결정으로서의 기능을 수행하여 수직 고상 에피택셜 성장에 의해 심부를 향해 성장되므로, 조사된 박막의 전체 영역이 두께 방향을 따라 단결정화된다. 만일, 박막이 상기 결정화 온도를 초과하는 온도에 있으면, 형성된 단결정이 열적 평형상태에 있는 다결정 구조로 변환된다. 이에 반해, 결정화 온도보다 훨씬 낮은 온도에서는 심부를 향한 어떠한 결정화도 진행되지 않는다. 따라서, 예를 들어 결정화 온도 바로 아래의 레벨과 같이, 결정화 온도 이하의 높은 레벨에 존재하도록 박막의 온도가 조정된다.

상기한 바와 같이, 본 발명의 방법에 따라, 기판의 임의의 특정영역상에 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따른 방법에 있어서는, 마스크 물질의 형성으로부터 가스 빔의 조사까지의 단계는 조사 방향을 변화시키면서 반복된다. 따라서, 기판의 임의의 특정영역 상에 서로 다른 결정배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따라, 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법은 (a) 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는

다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 박막 위에 마스크를 형성하는 단계와, (c) 마스크를 선택적으로 제거하는 단계와, (d) 선택적으로 제거된 마스크를 스크린으로 이용하면서 박막을 에칭하여, 기판 위에 특정영역을 남겨두면서 박막을 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서, 형성되어질 단결정 박막 내에서 서로 다른 방향을 갖는 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 단계를 구비한다.

본 발명에 따른 방법에서는, 기판 위에 특정영역을 남겨두면서 아몰포스 또는 다결정 박막을 선택적으로 제거한 후, 브라비스의 법칙의 적용과 수직 고상 에피택셜 성장을 용이하게 하기 위해 소정 온도하에서 가스 빔으로 박막을 조사함으로써, 상기 박막이 단결정 박막으로 변환된다. 따라서, 기판의 임의의 특정 영역 상에 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따라, 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법은 (a) 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서, 형성되어질 단결정 박막 내에서 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정의 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 단계와, (c) 상기 단계 (b) 이후에 박막 위에 마스크를 형성하는 단계와, (d) 마스크를 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 선택적으로 제거된 마스크를 스크린으로 이용하면서 박막을 에칭하여, 박막을 선택적으로 제거하는 단계를 구비한다.

본 발명에 따른 방법에서는, 브라비스의 법칙의 적용과 수직 고상 에피택셜 성장을 용이하게 하는 소정 온도하에서 가스 빔으로 기판 위에 형성된 아몰포스 또는 다결정 박막을 조사함으로써, 상기 박막이 단결정 박막으로 변환시킨다. 그 후, 기판의 특정영역을 남겨두면서 단결정 박막이 선택적으로 제거된다. 따라서, 기판의 임의의 특정영역 상에 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따라, 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법은, (a) 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 단계 (a)를 수행하는 동안 단계 (a) 만으로는 상기 소정 물질의 결정화를 일으키지 않는 온도에서 형성되어질 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 복수의 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 야기시키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 단계와, (c) 상기 단계 (a) 및 (b) 이후에 박막 위에 마스크를 형성하는 단계와, (d) 마스크를 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 선택적으로 제거된 마스크를 스크린으로 이용하면서 박막을 에칭하여, 박막을 선택적으로 제거하는 단계를 구비한다.

본 발명에 따른 방법에서는, 브라비스의 법칙의 적용을 용이하게 하기 위해 소정 온도하에서 가스 빔을 기판에 가하여 아몰포스 또는 다결정 박막이 형성되며, 연속적으로 형성되는 이 박막을 단결정 박막으로 변환한다. 그 후, 기판 위에 특정영역을 남겨두면서 상기 단결정 박막이 선택적으로 제거된다. 따라서, 기판의 임의의 특정영역에 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성하는 것이 가능하다.

본 발명에 따라, 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법은, (a) 기판에 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서, 형성될 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스빔을 기판에 조사하는 단계와, (c) 상기 단계 (b) 이후에 박막 위에 마스크를 형성하는 단계와, (d) 상기 마스크를 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 선택적으로 제거된 마스크를 스크린으로 이용하면서, 형성될 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직하면서 상기 단계 (b)에서의 방향과는 다른 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 단계를 구비한다.

본 발명에 따른 방법에서는, 브라비스의 법칙의 적용과 수직 고상 에피택셜 성장을 용이하게 하기 위해 소정 온도하에서 가스 빔으로 기판 위에 형성된 아몰포스 또는 다결정 박막을 조사함으로써 상기 박막을 단결정 박막으로 변환시킨다. 그 후, 상기 단결정 박막 위에 마스크를 선택적으로 형성되며, 다시 이것을 새로운 방향으로부터 가스 빔으로 조사한다. 이때, 상기 마스크 물질이 가스 빔에 대한 스크린으로서 작용하며, 단결정 박막이 마스크 물질이 선택적으로 제거된 영역 위에서 새로운 결정배향을 갖는 제2단결정 박막으로 변환된다. 즉, 기판의 임의의 복수의 특정영역 상에 서로 다른 결정배향을 갖는 단결정 박막을 선택적으로 형성할 수 있다.

상기 가스를 구성하는 원소의 원자량은 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 작은 것이 바람직하다. 조사될 때 상기 기판에 가해지는 가스 빔을 구성하는 원소의 원자량이 박막을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 낮으므로, 가해지는 가스를 구성하는 원자의 대부분은 조사되는 박막의 표면 또는 그 근처에서 후방으로 산란되어 박막에는 거의 남지 않는다. 따라서, 소량의 불순물을 갖는 단결정 박막을 얻을 수 있다.

상기 가스를 구성하는 원소의 원자량은 상기 마스크 물질을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 작은 것이 바람직하다.

상기 기판에 가해지는 가스 빔을 구성하는 원소의 원자량이 마스크 물질을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 낮으므로, 가해지는 가스를 구성하는 원자의 대부분은 조사되는 마스크 물질의 표면 또는 그 근처에서 후방으로 산란되어, 조사될 때 마스크 물질과 박막에는 거의 침투하지 못한다. 따라서, 소량의 불순물을 갖는 단결정 박막을 얻을 수 있다.

본 발명은 또한 단결정 박막을 형성하는 장치에도 관계된다. 본 발명에 따르면, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 형성될 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 조사수단과, 상기 조사수단에 대해 기판이 주사되도록 하는 기판 이동수단을 구비한다.



바람직하게는, 상기 단결정 박막을 형성장치는, 기판에 대해 상기 가스 빔의 단면을 스트립(strip) 형상으로 만드는 빔 집광수단을 더 구비한다.

본 발명에 따른 장치에서는, 기판이 기판 이동 수단에 의해 주사되므로, 길이가 긴 기판 위에 높은 균일성을 갖는 단결정 박막을 형성할 수 있다.

더욱이, 본 발명에 따른 장치는 기판에 대해 가스 빔의 단면을 스트립 형상으로 만드는 빔 집광수단을 구비하므로, 기판을 주사함으로써 균일성이 높은 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따라, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 가스의 빔을 공급하는 한 개의 빔 발생원과, 상기 빔 발생원에 의해 공급된 빔의 적어도 일부를 반사하여, 소정의 복수의 입사방향에서 기판에 대해 가스를 조사하는 반사기와, 상기 반사기의 경사각을 변화시키기 위한 반사기 구동수단을 구비한다.

본 발명에 따른 장치에서는, 박막에 가해지는 가스 빔은 한 개의 빔 발생원과 그 경로에 배치된 반사기에 의해 얻어지므로, 복수의 빔 발생원을 필요로 하지 않으면서 서로 다른 소정의 복수의 방향으로부터 박막을 가스빔으로 조사하는 것이 가능하다. 더구나, 상기 장치는 반사기 구동수단을 구비하므로, 기판에 대한 빔의 입사방향을 변경하고 재설정할 수 있다. 따라서, 하나의 장치로 서로 다른 결정구조 또는 서로 다른 결정배향을 갖는 복수 종류의 단결정 박막을 형성할 수 있다.

본 발명에 따라, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 가스 빔을 공급하는 한 개의 빔 발생원과, 그 각각이 상기 빔 발생원에 의해 공급된 빔의 적어도 일부를 반사하여, 반사기의 경사각에 관련된 소정의 복수의 입사방향에서 기판에 대해 가스를 조사하는 복수의 반사기와, 상기 복수의 반사기에서 소정의 반사기를 선택하여 상기 빔을 반사하는데 이용하는 반사기 교체수단을 구비한다.

본 발명에 따른 장치에서는, 박막에 가해지는 가스 빔의 한 개의 빔 발생원과 그 경로에 배치된 반사기에 의해 얻어지므로, 복수의 빔 발생원을 필요로 하지 않으면서 서로 다른 소정의 소정의 복수의 방향으로부터 박막을 가스 빔으로 조사할 수 있다. 더욱이, 상기 장치는 반사기 교체수단을 구비하므로 복수의 반사기로부터의 기판 위로의 빔의 입사방향을 임의로 선택하여 재설정할 수 있다. 따라서, 한 개의 장치에 의해 서로 다른 결정구조 또는 결정배 또는 결정배향을 갖는 복수 종류의 단결정 박막을 형성할 수 있다.

상기 단결정 박막 형성장치는, 기판 위에 단결정 박막과 동일한 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단을 더 구비하는 것이 바람직하다.

본 발명의 장치는, 예를 들어 화학증착수단과 같은 막 형성수단을 구비하므로, 박막을 가스 빔으로 조사하면서 박막을 형성하여, 형성되는 박막을 단결정 박막으로 연속적으로 변환시킬 수 있다. 따라서, 박막의 수직 에피택셜 성장을 촉진시킬 필요가 없으므로, 단결정 박막이 저온에서 형성될 수 있다.

본 발명에 따르면, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 기판의 표면을 에칭하기 위한 에칭수단과, 기판의 표면에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단과, 형성된 단결정 박막 내에서 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔을 기판에 조사하는 조사수단을 구비한다. 기판을 수납하기 위해 상기 수단에 설치된 챔버(chamber)는 서로 연통된다. 상기 장치는, 각각의 처리 챔버 내부로 또는 그것으로부터 기판을 집어넣거나 배출하기 위한 기판 이송수단을 더 구비한다.

본 발명에 따른 장치는, 서로 연통하는 처리 챔버를 갖는 에칭수단, 막 형성수단 및 조사수단을 구비하므로, 산화막을 제거하기 위해 에칭처리를 수행하고 이 장치를 이용하여 기판 위에 형성하기 전에 새로운 산화막의 성장을 방지함으로써 막 형성에 개시할 수 있다. 더욱이, 상기 장치는 기판 이송수단을 구비하므로, 기판이 각 처리 챔버에 효율적으로 이송될 수 있다.

본 발명에 따르면, 단결정 구조를 갖는 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 형성된 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 조사수단과, 기판의 결정축 방향과 빔의 입사방향 사이의 소정의 관계를 설정하기 위해 기판의 자세를 제어하는 자세 제어수단을 구비한다.

본 발명의 제10면에 따른 장치는 자세 제어 수단을 구비하므로, 이 장치를 사용함으로써 단결정 기판의 결정축과 가스 빔의 입사방향 사이의 소정의 관계를 설정할 수 있다. 따라서, 결정화 온도보다 낮은 온도에서 단결정 기판 위에 새로운 단결정 박막을 에피택셜하게 형성할 수 있다.

본 발명에 따르면, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 반응 가스를 공급하여 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단과, 형성된 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 조사수단을 구비한다. 상기 막 형성수단은 기판에 대해 반응 가스를 조사 수단과, 기판을 회전시키는 기판 회전수단을 구비한다.

본 발명에 따른 장치는 기판 회전수단을 구비하므로, 조사가 중단될 때 반응 가스를 규칙적으로 공급하고 기판을 회전시키면서 빔을 단속적으로 가함으로써 아몰포스 또는 다결정 박막의 형성을 촉진할 수 있다. 따라서, 균일성이 높은 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성할 수 있으므로, 이것을 변환하여 얻어지는 단결정 박막에 있어서도 높은 균일성을 얻게 된다.

본 발명에 따르면, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는 반응 가스를 공급하여 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단과, 형성된 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 공급하기 위한 공급경로의 단부를 회전시키기 위

한 공급 시스템 회전수단을 구비한다.

본 발명에 따른 장치는 공급 시스템 회전수단을 구비하므로, 높은 균일도를 갖는 단결정 박막을 얻을 수 있는 한편, 반응 가스를 규칙적으로 공급할 수 있고 빔을 단속적으로 가하지 않으면서 빔을 가할 수 있다. 즉, 고도의 균일성을 갖는 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따르면, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 형성될 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 복수의 가스 빔을 기판에 조사하는 복수의 조사수단과, 상기 복수의 조사수단의 작동상태를 독립적으로 각각 제어하는 제어수단을 구비한다.

본 발명에 따른 장치에서는, 제어 수단이 예를 들어 출력 빔 밀도와 같은 조사수단의 작동상태를 독립적으로 제어하므로, 기판에 가해지는 복수의 빔의 상태가 최적으로 제어된다. 따라서, 고품질의 단결정을 효율적으로 형성할 수 있다.

바람직하게는, 상기 조사수단은 전자 사이클로트론 공명형 이온발생원을 구비하고, 가스 빔은 상기 이온발생원에 의해 공급된다.

본 발명에 따르면, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 형성될 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 기판에 조사하는 조사수단과, 이온발생원과 기판의 양단에 이온을 가속화하는 방향으로 바이어스 전압을 인가하기 위한 바이어스 수단을 구비한다.

본 발명에 따른 장치에서는, 바이어스 수단이 이온발생원과 기판 사이에 바이어스 전압을 가하므로, 이온 빔의 지향성이 향상된다. 따라서, 결정배향의 균일성이 높은 고품질의 단결정 박막을 형성할 수 있다.

본 발명에 따르면, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치는, 이온발생원의 이온 출구 근처에 설치된 격자를 구비하고, 형성될 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 이온발생원에 의해 공급된 가스 빔을 기판에 조사하는 조사수단과, 이온발생원으로부터 이온을 추출하기 위한 조건을 제어하기 위해 격자에 전압을 인가하는 격자 전압 인가수단을 구비한다.

본 발명에 따른 장치에서는, 상기 격자 전압 인가수단이 이온발생원으로부터 이온을 추출하기 위한 조건을 최적으로 제어하므로, 고품질의 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따른 장치에서는, 상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명형 이온발생원인 것이 바람직하다.

본 발명에 따른 장치에서는, 가스 빔이 전자 사이클로트론 공명형 이온 발생원에 의해 공급되므로, 이온 빔이 우수한 지향성을 갖는 한편, 이온을 중성화하는 수단을 사용하지 않고도 이온 발생원으로부터 소정 거리 이상의 위치에서 우수한 지향성을 갖는 강력한 중성 빔을 얻을 수 있다.

본 발명에 따르면, 타겟 표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치는, 시료를 담은 용기와, 용기의 소정의 위치에 놓여있는 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 빔으로 조사되는 부분의 적어도 일 표면은 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 사이에 빔으로의 조사에 의한 스퍼터링시 빔 에너지보다 높은 문턱에너지를 갖는 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.

빔으로 조사되는 부분의 적어도 일 표면이 용기의 내벽과 용기에 담겨진 부재 사이에 빔으로 조사함으로써 스퍼터링시의 빔의 에너지보다 높은 문턱에너지를 갖는 물질로 이루어져, 이에 따라 빔이 멤버에 도달하더라도 스퍼터링은 일어나지 않는다. 따라서, 스퍼터링에 의한 상기 부재의 소모가 억제되는 한편, 상기 부재를 구성하는 물질에 의한 타겟표면의 오염이 방지된다.

본 발명에 따르면, 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치는, 시료를 담은 용기와, 용기의 소정 위치에 놓인 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 빔으로 조사되는 부분의 부분의 적어도 일 표면은 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 사이에서 시료의 타겟표면 내부의 에너지보다 스퍼터링에 대해 더 높은 문턱에너지로 갖는 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.

빔으로 조사되는 부분의 적어도 일 표면이 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 사이에 시료의 타겟표면 내부의 에너지보다 스퍼터링에 대해 더 높은 문턱에너지를 갖는 물질로 이루어지므로, 시료의 타겟표면이 어떠한 스퍼터링도 일으키지 않는 빔으로 조사될 때 부재 내부에서는 스퍼터링이 일어나지 않는다. 따라서, 이와 같이 사용될 때에는, 스퍼터링에 의한 부재의 소모가 억제되는 한편, 상기 부재를 구성하는 물질에 의한 타겟표면의 오염이 방지된다.

본 발명에 따르면, 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치는, 시료를 담은 용기와, 용기의 소정 위치에 놓인 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 빔으로 조사되는 부분의 부분의 적어도 일 표면은 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 사이에서 가스를 구성하는 원소보다 원자량이 더 큰 원소를 함유한 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.

빔으로 조사되는 부분의 부분의 적어도 일 표면이 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 사이에서 가스를 구성하는 원소보다 원자량이 더 큰 원소를 함유한 물질로 이루어지므로, 부재 내에 다른 원소의 침투가 억제된다. 따라서, 다른 원소의 침투에 의해 발생하는 부재의 열화가 억제된다.

본 발명에 따르면, 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치는, 시료를 담은 용기와, 용기의 소정 위치에 놓인 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 빔으로 조사되는 부분의 적어도 일 표면은 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 사이에서 시료의 타겟표면을 형성하는 물질과 동일한 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.

빔으로 조사되는 부분의 적어도 일 표면이 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 사이에서 시료의 타겟표면

을 형성하는 물질과 동일한 물질로 이루어지므로, 스퍼터링이 이 부재 내부에서 일어난다 하더라도, 타겟 시료는 이 부재를 구성하는 물질 원소에 의해 오염되지 않는다.

바람직하게는, 상기 용기 내에 수납된 부재는 빔의 경로 사이에 삽입되어 빔을 복수의 성분으로 분리하고, 서로 다른 방향으로부터 시료의 타겟 표면을 복수의 성분으로 조사하는 반사수단을 구비한다.

상기 반사수단은 용기 내부에 수납되며, 빔으로 조사되는 적어도 표면 부분은 스퍼터링을 일으키지 않는 재질, 즉, 시료의 타겟표면과 같은 재질, 또는 가스 빔을 구성하는 원소보다 원자량이 큰 원소를 함유한 재질로 이루어짐으로써, 반사수단의 스퍼터링에 의한 시료의 오염이 방지되며 반사수단의 열화가 억제된다.

또한, 본 발명은 빔 조사방법에도 관련된다. 본 발명에 따른, 가스 빔으로 시료의 타겟표면을 조사하는 빔 조사방법은, 시료를 용기의 소정의 위치에 고정시키는 단계와, 용기 내부에 고정된 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 단계를 구비하며, 타겟표면은 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 중에서 빔으로 조사되는 표면부분에서의 스퍼터링의 임계 에너지보다 낮은 에너지를 지닌 빔으로 조사된다.

상기 타겟표면이 용기의 내벽과 용기에 수납된 부재 중에서 빔으로 조사되는 표면부분의 스퍼터링의 임계 에너지보다 낮은 에너지를 지닌 빔으로 조사되므로, 빔이 부재에 도달하더라도 스퍼터링이 일어나지 않는다. 따라서, 상기 부재의 스퍼터링에 의한 소모가 억제되는 한편, 상기 부재를 구성하는 물질에 의한 타겟표면의 오염이 방지된다.

아울러, 본 발명은 단결정 박막을 형성하는 방법에도 관련된다. 본 발명에 따라, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법은, 상기 소정 물질의 결정화 온도이하의 온도에서 기판 위에 상기 소정 물질을 증착하고, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 증착된 상기 소정 물질을 일방향으로 조사하여, 축 방향으로 배향된 증착된 상기 소정 물질의 다결정 박막을 형성하는 단계와, 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직한 방향으로부터, 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 조사하여, 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환하는 단계를 구비한다.

기판 위에 축 방향으로 배향된 다결정 박막이 먼저 형성된 후, 복수의 방향으로부터 빔을 조사하여, 상기 박막을 단결정 박막으로 변환한다. 따라서, 예를 들면 기판위에 형성된 스크린에 의해 기판이 복수의 방향으로부터 빔으로 균일하게 조사되지 않는더라도, 기판의 임의의 위치에 최소한 단결정 박막 또는 축 방향으로 배향된 다결정 박막이 형성되므로, 상당한 특성의 열화는 일어나지 않는다.

본 발명에 따라, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법은, 기판 위에 상기 소정 물질을 증착하여 상기 소정 물질의 박막을 형성하는 단계와, 상기 단계 후에, 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 일방향에서 상기 박막을 조사하여, 상기 박막을 축 방향으로 배향된 다결정 박막으로 변환하는 단계와, 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직한 방향으로부터, 상기 소정 물질의 결정화 온도이하의 온도하에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 조사하여, 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환하는 단계를 구비한다.

기판 위에 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 먼저 형성한 후, 복수의 방향으로부터 빔을 조사하여, 상기 박막을 단결정 박막으로 변환한다. 따라서, 예를 들어, 기판 위에 형성된 스크린으로 인하여 기판이 복수의 방향으로부터 빔에 의해 균일하게 조사되지 않더라도, 기판의 임의의 위치에 최소한 단결정 박막 또는 축 방향으로 배향된 다결정 박막이 형성되더라도, 현저한 특성의 열화는 일어나지 않는다.

바람직하게는, 축 방향으로 배향된 다결정 박막 형성시의 가스 빔의 방향은 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환할 때의 가스 빔의 복수의 방향 중 하나와 동일하다.

축 방향으로 배향된 다결정 박막 형성시의 가스 빔이 가해지는 방향이 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환할 때의 가스 빔의 복수의 방향 중 하나와 동일하므로, 단결정 박막으로의 변환이 원활하게 수행된다.

상기 가스는 불활성 가스인 것이 바람직하다.

상기 불활성 가스의 빔은, 가스가 형성된 채로 단결정 박막에 잔류 하더라도 박막의 전기물리적 특성에 특별히 눈에 띄는 영향을 미치지 않으면서도, 침투된 상태의 가스를 박막으로부터 용이하게 제거할 수 있도록, 가해진다.

상기 불활성 가스를 구성하는 원소의 원자량은 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 원자량 중에서 최대 원자량보다 작은 것이 바람직하다.

상기 불활성 가스를 구성하는 원소의 원자량이 박막으로서 성장되어질 상기 물질을 구성하는 원소의 원자량 중에서 최대 원자량보다 작으므로, 가해진 불활성 가스의 원자 또는 이온의 대부분은 박막의 표면 또는 그 근처에서 후방으로 산란되어 상기 박막에는 거의 남지 않게 된다.

바람직하게는, 상기 소정 물질은 상온에서 가스 상태인 가스상 물질을 형성하는 원소를 포함하며, 상기 가스 빔은 가스상 물질의 빔인 것이 바람직하다.

상기 가해진 가스는 박막으로 성장되는 물질을 구성하는 원소를 함유한다. 그러므로, 조사과정 후에 상기 원소의 또는 이온이 잔류하더라도, 이들이 불순물로서 단결정 박막에 악영향을 미치지 않는다.

바람직하게는, 상기 가스 빔은 전자 사이클로트론 공명 이온발생원에 의해 형성된다.

상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명 이온 발생원이 된다. 따라서, 이온 빔은 높은 지향성을 갖는 한편, 이온을 중성화하는 수단을 사용하지 않고도 이온발생원으로부터 소정 거리를 초과하는 거리에서



강력한 중성 빔을 얻을 수 있다. 더욱이, 미온을 중성화하는 수단을 채용하지 않고도 전기 절연성 기판을 사용할 수 있다.

본 발명에 따르면, 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치는, 빔을 공급하는 한 개 이상의 빔 발생원과, 빔 발생원에 의해 공급된 빔을 반사시켜 복수의 입사방향에서 가스 빔으로 타겟표면을 조사할 수 있게 하는 반사수단을 구비하며, 상기 반사수단은, 복수의 방향으로 빔을 반사하는 복수개의 반사면을 갖는 반사기와, 빔 발생원과 반사면 사이의 빔의 경로에 삽입되어 빔을 선택적으로 통과시켜 상기 복수의 반사면에 의한 다중반사를 방지하는 스크린으로 구성된다.

복수의 반사면에 의한 다중반사가 상기 스크린에 의해 방지되므로, 어떠한 빔도 소정의 입사방향 이외의 방향으로부터 가해지지 않게 된다.

더욱이, 상기 스크린은 빔을 선택적으로 통과시켜 타겟표면을 빔으로 균일하게 조사할 수 있다.

상기 타겟표면은 스크린의 작용에 의해 빔으로 균일하게 조사된다. 따라서, 상기 장치가 예를 들어 단결정 박막의 형성에 적용될 경우, 고품질의 단결정 박막이 형성된다.

또한, 본 발명은 빔 반사장치와도 관련된다. 본 발명에 따르면, 하나의 빔 발생원에 의해 공급된 가스 빔을 반사시켜, 소정의 복수의 입사방향으로 시료의 타겟표면을 가스로 조사할 수 있도록 하는 빔 반사수단은, 복수의 방향으로 빔을 반사하는 복수의 반사면을 갖는 반사기와, 빔 발생원과 반사면 사이의 빔의 경로에 삽입되어 빔을 선택적으로 통과시켜 상기 복수의 반사면에 의한 다중반사를 방지하는 스크린으로 구성된다.

복수의 반사면에 의한 다중반사가 스크린에 의해 방지되므로, 어떠한 빔도 소정의 입사방향 이외의 방향으로부터 가해지지 않게 된다.

더욱이, 상기 스크린은 빔을 선택적으로 통과시켜 타겟표면을 빔으로 균일하게 조사할 수 있다.

상기 타겟표면은 스크린의 작용에 의해 빔으로 균일하게 조사된다. 따라서, 상기 장치가 예를 들어 단결정 박막의 형성에 적용될 경우, 고품질의 단결정 박막이 형성된다.

본 발명에 따르면, 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치는, 상기 빔을 공급하는 한 개의 빔 발생원과, 상기 빔 발생원에 의해 공급된 빔을 반사시켜, 소정의 복수의 입사방향으로 타겟표면을 가스로 조사할 수 있도록 하는 반사수단을 구비하며, 상기 반사수단은, 빔 발생원에 의해 공급되는 빔의 경로에 배치되어 빔을 복수의 방향으로 반사시켜 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 복수의 발산 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사 표면을 구비하며 상기 복수의 발산 빔을 더 반사시켜 복수의 방향으로부터 거의 평행한 빔으로서 상기 타겟표면에 입사되도록 하는 제2반사기를 구비한다.

시료의 타겟표면에 가해지는 가스 빔이, 한 개의 발생원과 그 경로에 제공된 반사수단에 의해 얻어지므로, 복수의 빔 발생원을 필요로 하지 않으면서도 복수의 서로 다른 소정의 방향으로부터 타겟표면을 가스 빔으로 조사할 수 있다. 더욱이, 상기 빔은 제1반사기에 의해 복수의 방향으로 2차원적으로 발산하도록 반사된 후, 제2반사기에 의해 거의 평행한 빔으로 변환되므로, 빔 발생원에 의해 공급된 빔의 단면보다 폭이 더 넓은 타겟표면에 빔을 균일하게 가할 수 있다. 따라서, 상기 장치에 의해 기판을 가스 빔으로 조사함으로써, 기판을 주사하지 않고도, 그것의 표면에 소정 물질의 박막이 형성된 대면적의 기판 또는 그것의 표면에 소정 물질의 박막이 성장되는 대면적 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 폭이 넓으면서도 효과적으로 형성할 수 있다.

바람직하게는, 상기 반사수단은, 제1반사기와 기판 사이의 빔의 경로에 설치되어 빔의 방향을 정렬시키는 교정수단을 더 구비한다.

상기 교정수단이 제1반사기와 시료 사이의 빔 경로에 배치되므로, 빔이 소정의 방향을 따라 정렬될 수 있다. 따라서, 각각의 반사기의 형태와 배치에 높은 정확성이 요구되지 않으므로, 장치를 용이하게 구성할 수 있다.

바람직하게는, 상기 반사수단은, 빔 발생원과 제1반사기 사이의 빔 경로에 삽입되어 빔 경로에 수직인 단면 상에 빔의 분포를 조절하여, 제1반사기에 의해 복수의 방향으로 반사된 빔 성분 각각의 양을 조절하는 빔 분포 조절수단을 더 구비한다.

상기 빔 분포 조절수단이 제1반사기에 의해 반사된 복수의 빔 성분의 양을 조절하므로, 복수의 방향에서 타겟표면에 입사하는 복수의 빔 성분의 양을 조절할 수 있다. 따라서, 예를 들어, 기판에 입사되는 각 빔 성분의 양이 서로 동일하게 되도록 최적으로 설정될 수 있으므로, 고품질의 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따르면, 한 개의 빔 발생원에 의해 공급된 가스 빔을 반사시켜 복수의 소정의 입사방향으로 시료의 타겟표면을 가스로 조사할 수 있도록 하는 빔 반사장치는, 복수의 방향으로 빔을 반사시켜 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 발산 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사면을 가지며 상기 복수의 발산 빔을 더 반사시켜 복수의 방향으로부터 타겟표면에 거의 평행한 빔으로서 입사되도록 하는 제2반사기를 구비한다.

한 개의 빔 발생원에 의해 공급된 가스 빔은 제1반사기에 의해 복수의 방향으로 2차원적으로 발산하도록 반사된 후, 제2반사기에 의해 거의 평행한 빔으로 변환되므로, 복수의 빔 발생원인을 필요로 하지 않으면서도, 빔 발생원에 의해 공급된 빔의 단면보다 폭이 더 넓은 타겟표면에 복수의 방향으로부터 조사할 수 있다. 따라서, 상기 장치에 의해 기판을 가스 빔으로 조사함으로써, 기판을 주사하지 않으면서도, 그 표면에 소정 물질의 박막이 형성된 대면적의 기판 또는 그 표면에 소정 물질의 박막이 성장중인 대면적의 기판 위에 소정 물질이 박막을 폭이 넓으면서도 효율적으로 형성할 수 있다.

본 발명에 따르면, 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치는, 가스 빔을 공급하는 복수의



빔 발생원과, 복수의 빔 발생원에 의해 공급된 빔을 반사시켜, 복수의 소정의 입사방향으로 타겟표면의 공통영역을 가스로 조사할 수 있도록 하는 복수의 반사수단을 구비하며, 반사수단 각각은, 각각의 빔 발생원에 의해 공급되는 각 빔의 경로에 배치되어 빔을 반사시켜 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사 표면을 가지며 상기 발산 빔을 더 반사시켜 선형 또는 스트립 형상의 타겟표면의 공통영역에 거의 평행한 빔으로서 입사되도록 하는 제2반사기를 구비하는 한편, 상기 빔 조사장치는 상기 선형 또는 스트립 형상의 공통영역과 교차하는 방향으로 시료를 조사하는 이송수단을 더 구비한다.

상기 빔이 제1반사기에 의해 거의 1차원적으로 발산하도록 반사된 후, 제2반사기에 의해 거의 평행한 빔으로 변환되므로, 상기 빔 발생원에 의해 공급된 빔보다 폭이 더 넓은 선형 또는 스트립 형상의 영역을 소정의 입사방향으로부터 평행 빔으로 조사할 수 있다. 더욱이, 시료가 선형 또는 스트립 형상의 영역과 교차하는 방향으로 조사되므로, 빔이 넓은 타겟표면에 균일하게 가해질 수 있다. 또한, 복수의 빔 발생원과 복수의 반사수단이 넓은 타겟표면이 복수의 입사방향으로 빔으로 균일하게 조사되도록 형성될 수 있다.

바람직하게는, 상기 반사수단 각각은 상기 제1반사기와 기판 상의 빔 경로에 설치되어 빔의 방향을 정렬하는 교정수단을 더 구비한다.

상기 교정수단이 제1반사기와 기판 사이의 빔 경로에 배치되므로, 빔이 소정의 방향으로 정렬될 수 있다. 따라서, 반사기 각각의 형태 및 배치에 높은 정확성이 요구되지 않으므로, 장치를 용이하게 구성할 수 있다.

본 발명에 따르면, 빔 발생원에 의해 공급된 가스 빔을 반사시켜 소정의 입사방향으로 시료의 타겟표면을 가스로 조사할 수 있도록 하는 빔 반사장치는, 상기 빔을 반사시켜 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 발산 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사 표면을 가지며 상기 발산 빔을 더 반사시켜 타겟표면의 선형 또는 스트립 형상의 영역에 거의 평행한 빔으로서 입사되도록 하는 제2반사기를 구비한다.

상기 빔이 제1반사기에 의해 거의 1차원적으로 발산하도록 반사된 후, 제2반사기에 의해 거의 평행한 빔으로 변환되므로, 빔 발생원에 의해 공급되는 빔보다 폭이 더 넓은 선형 또는 스트립 형상의 영역을 빔으로 조사하는 것이 가능하다.

결국, 본 발명의 목적은, 단결정 기판을 포함하는 임의의 기판 상에 원하는 방향을 갖는 축 방향으로 배향된 다결정 박막과 원하는 결정 배향을 갖는 단결정 박막을 형성할 수 있는 기술을 제공함에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있도록 하는 빔 조사장치와 빔 반사장치를 제공함에 있다.

명세서 전체를 통해, 용어 '기판'은 단순히 그 위에 박막이 형성되도록 하는 지지체로서의 기능을 수행하는 물질에 한정되지 않으며, 예를 들어 소정의 기능을 갖는 소자를 포함하면서 그 위에 박막이 형성되도록 하는 모든 매체를 총괄적으로 나타낸다.

명세서 전체를 통해, 용어 '가스 빔'은 빔 형태의 이온의 흐름, 원자의 흐름 및 분자의 유동의 모든 것을 포함하는 개념도이다.

상기한 목적, 특징, 국면 및 이점 등은 첨부도면을 참조하여 이하에 설명되는 본 발명의 상세한 설명으로부터 보다 명백해 질 것이다.

#### [A. 단결정 박막 또는 축 방향으로 배향된 다결정 박막의 형성]

이하, 기판 위에 단결정 박막 또는 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 효율적으로 형성하는 실시예를 설명한다.

##### [A-1. 제1실시예]

이하, 본 발명의 제1실시예를 설명한다.

##### [A-1-1. 장치의 구조]

제1도는 본 발명의 제1실시예에 따른 방법을 효율적으로 수행하기 위한 장치 (80)의 구조를 나타낸 개략도이다. 장치(80)는 기판(81) 위에 형성된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환하도록 구성된다. 따라서, 장치(80)에는 기판(81)위에 공지된 방법에 의해 사전에 형성된 소정 물질의 다결정 박막(82)으로 제조된 시료가 제공된다.

예를 들면, 기판(81)은 다결정 SiO<sub>2</sub>(석영)으로 제조되고, 이 석영기판(81) 위에는 단결정 Si 박막으로 변환되어질 다결정 Si(실리콘) 박막(82)이 형성된다. 상기 장치(80)는 케이지 형태의 이온발생원(83)을 구비한다. 불활성 가스가 도관 (84)으로부터 이온발생원(83) 내부로 도입되어 전자 빔에 의해 그 내부에서, 이온화되어, 불활성 가스의 플라스마가 형성된다. 더욱이, 이온발생원(83) 내부에 설치된 리드 전극에 의해 형성된 전기장의 작용에 의해 이온발생원(83)으로부터 이온을 만이 추출되어, 이온발생원(83)은 이온 빔을 방출하게 된다. 예를 들면, 직경이 10cm 이온발생원(83)에 의해 1 내지 9mA/cm<sup>2</sup>의 전류밀도로 Ne(네온) 이온을 200 내지 600eV로 가속하는 것이 가능하다.

상기 이온발생원(83)에 의해 방출된 이온 빔은 반사 감속기(reflection deaccelerator)(85) 및 집광기(collimator)(86)에 의해 안내된 후, 소정 각도로 상기 다결정 박막(82)의 표면에 가해진다. 상기 반사 감속기(85) 각각에는 (100) 면의 주 결정면을 갖는 2개의 실리콘 단결정 판이 설치된다. 예를 들어, 이들 실리콘 단결정 판은 15cm 직경을 갖는 디스크 형태를 갖는다. 이들 실리콘 단결정 판은 그것의 주 결정면에 45°의 입사각으로 입사된 이온 빔을 연속적으로 반사시켜 에너지 레벨을 낮추고 전하를 중성화시킴으로써, 상기 이온 빔을 저에너지의 중성원자 빔으로 변환한다.

제2a도 내지 제2c도는 집광기(86) 각각의 구조를 나타낸 사시도이다. 제2a도는 전체 사시도이고, 제2b도는 확대 사시도이며, 제2c도는 더욱 확대된 사시도이다. 상기 집광기(86)는 원자빔의 방향을 정렬하여, 다결정 박막(82)에 높은 지향성을 갖는 원자빔을 제공한다. 상기 집광기(86)는 제2c도는 도시된 것 같이 알루미늄 판(86a)의 양면에 실리콘 막(86b)을 증착시켜 제조된 파형부재와, 제2b도에 도시된 것과 유사한 구조를 갖는 평판부재를 교대로 적층함으로써 형성된다. 예를 들어, 상기 집광기(86)는 30층을 갖는다. 이와 같은 알루미늄 판(86a)의 양면이 실리콘 막(86b)으로 피복되어, 파형부재와 평판 부재가 중성 원자의 흐름에 의해 충돌되어 스퍼터링이 일어나더라도, 이와는 다른 원자인 알루미늄 원자는 다결정 Si 박막(82)에 도달하지 못한다. 상기 파형부재와 평판 부재 사이에 형성된 얇은 통로를 통과하는 동안, 원자 빔은  $\pm 0.5^\circ$  범위의 방향으로 정렬되어, 높은 지향성을 갖는 원자빔으로 변환된다.

석영기판(81)은, 석영기판(81)을 소정의 고온으로 유지하도록 구성된 히터 (87) 위에 장착된다.

#### [A-1-2. 장치의 작동]

이하, 상기 장치(80)의 작동을 설명한다. 상기 장치(80)에 제공되는 시료는, 예를 들어, 공지된 화학기상증착(CVD)에 의해 석영기판(81) 상에 다결정 Si 박막(82)을 형성하여 제조된다. 예를 들면, 상기 석영기판(81)의 두께는 1.5mm이며, 다결정 Si 박막(82)의 두께는 2000Å이다. 먼저, 준비된 시료를 히터(87) 위에 장착한다. 이 히터 (87)는 시료, 즉, 석영기판(81)과 다결정 Si 박막(82)을 550°C의 온도로 유지한다. 이러한 온도는 실리콘의 결정화 온도보다 낮으므로, 이 온도에서는 단결정 Si이 다결정 Si으로 변환되지 않는다. 그렇지만, 이 온도는 시드 결정이 존재한다면, 다결정 Si이 단결정 Si으로 성장될 수 있을 정도로 충분히 높은 온도이다.

다음에, Ne(네온) 가스를 도관(84)을 통해 이온발생원(83) 내부로 주입하여, Ne 이온 빔을 형성한다. 형성된 Ne 이온 빔은 반사 감속기(85) 및 집광기(86)를 통과하여, 저에너지의 중성 Ne 원자 빔으로 다결정 Si 박막 (82)의 표면에 도달한다.

2가지 이온발생원(83)으로부터 출발한 2가지 Ne 원자빔은, 입사방향이 다결정 Si 박막(82) 표면의 법선에 대해 서로 이종의 대칭성을 갖도록,  $35^\circ$ 의 입사각으로 다결정 Si 박막(82)의 표면에 입사한다. 서로  $70^\circ$ 의 각도를 이루는 이들 2가지 빔의 입사방향은, 독립적인 2개의 가장 밀도가 높은면, 즉, 다이아몬드 결정구조를 갖는 단결정 Si의 (111)의 법선 방향에 해당한다. 상기 이온발생원(83)에 의해 형성되는 플라즈마의 에너지 레벨은, 다결정 Si 박막(82)에 도달하는 Ne 원자가 다결정 Si 박막(82)의 스퍼터링을 일으키지 않는 레벨, 즉, Ne 원자가 다결정 Si 박막(82)의 스퍼터링을 일으키지 않는 레벨, 즉, Ne 원자의 조사로 일어나는 Si의 스퍼터링에서의 임계에너지 레벨로 알려진 값(27 eV)보다 낮은 레벨에 존재하도록 설정된다. 따라서, 소위 브라비스의 법칙이 다결정 Si 박막(82)에 적용된다. 즉, 다결정 Si 박막(82)의 표면 근처에 제공되는 Si 원자는, 다결정 Si 박막(82)에 가해진 Ne 원자 빔의 입사방향에 수직한 평면이 가장 밀도가 높은 결정면을 이루도록 재배열된다.

상기 Ne 원자 빔이 단결정 Si의 서로 독립적인 가장 밀도가 높은 면에 수직한 방향에 해당하는 2가지 방향에서 입사되므로, Si 원자는 입사방향에 수직한 평면이 가장 밀도가 높은 면이 되도록 재배열된다. 즉, 2개의 독립적인 (111)면이 서로 독립적인 입사방향을 갖는 2개의 Ne 원자 빔에 의해 조절되어 일정한 방향으로 재배열됨으로써, 결정배향이 한가지 종류로 결정된다. 이에 따라, 다결정 Si 박막(82)의 표면에 근접한 층들이 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 박막층으로 변환된다.

상기의 내용은 다결정 Si 박막(82)의 단결정화 과정 중 제1단계에 해당한다. 제3a도 및 제3b도는 단결정화 과정의 제1단계와 그후의 제2단계에서의 시료의 내부구조를 나타낸 개략도이다. 제1단계에서는, 제3a도에 도시된 것 같이, 단결정 Si 층(88)이 다결정 Si 박막(82)의 표면 근처에만 형성된다.

상기한 것 같이, 다결정 Si 박막(82)의 온도는 시드 결정을 성장시키는데 적합한 레벨로 조정된다. 따라서, 다결정 Si 박막(82)의 표면에 형성된 단결정 Si 층(88)은 시드 결정으로 작용하며, 다결정 Si 박막(82)의 심부를 향해 성장한다. 최종적으로, 제3b도에 도시된 것 같이, 다결정 Si 박막(82)의 전체 영역이 단결정 Si 층(88)으로 변환된다. 이에 따라, 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 박막이 석영기판(81) 위에 형성된다. 상기한 것 같이, 다결정 Si 박막(82)이 Si의 결정화 온도보다 낮은 온도로 유지되므로, 상기 단결정 S층(88)은 열적 평형상태인 다결정 구조로 복귀하지 않는다.

다결정 Si 박막(82) 위에 조사에 의해 형성되어 시드 결정으로 작용하는 단결정 Si 층(88)은, 이 층(88)이 다결정 Si 박막(82)으로부터 변환되므로, 심부에 남아있는 다결정 Si 층과 일체화된다. 즉, 다결정 Si 층(82)이 시드 결정과 완전한 접촉상태로 된다. 따라서, 수직 고상 에피택셜 성장이 바람직한 상태로 진행된다. 또한, 상기 시드 결정과 고상 에피택셜 성장에 의해 형성된 단결정 Si이 동일한 결정 배향을 갖는 동일한 재료의 단결정이므로, 단결정 Si 박막(88)의 형성 후 시드 결정을 제거할 필요가 없다. 더욱이, 상기 단결정 Si 박막(88)이 수직 고상 에피택셜 성장에 의해 형성되므로, 축방향의 성장을 사용하는 증래기술에 비해 단시간에 단결정 Si 박막을 효율적으로 얻을 수 있다.

상기한 것 같이, 다결정 Si 박막(82)에 가해지는 원자 빔을 구성하는 원소는 바람직하게는 Ne으로 제조된다. Ne 원자가 Si 원자에 비해 가벼기 때문에, 원자 빔이 Si 박막에 가해질 때 상대적으로 무거운 Si 원자는 상대적으로 가벼운 Ne 원자를 후방으로 분산시킬 가능성이 높으므로, Ne 원자가 Si 박막에 침투하여 그 내부에 잔류하기가 어렵다. 더욱이, 불활성 원소는 Si 박막 내부에 잔류하더라도 Si과 같은 박막을 구성하는 임의의 원소와 화합물을 전혀 만들지 않기 때문에, Ne과 같은 불활성 원소가 가해질 원자 빔을 구성하는 원소로 선택됨으로써, Si 박막의 전기적/물리적 특성은 이 원소에 의해 거의 영향을 받지 않으며, 이러한 원소는 성장이 끝난 단결정 Si 박막의 온도를 일정한 양만큼 증가시킴으로써 용이하게 제거할 수 있다.

상기 시료는 다음과 같은 이유 때문에 직접적인 Ne 이온 빔 대신에 중성 원자 빔으로 조사된다: 첫째로, 이온 빔과 같은 하전 입자 빔은 정전기에 의한 발생된 입자들 간의 반발력에 의해 퍼져 지향성을 잃게 된다. 둘째, 높은 전하의 저항을 등을 갖는 물질로 이루어진 박막에 대해 하전된 입자빔이 사용될 경우 박막 내부에 전하가 쌓여, 쌓인 전하의 반발력에 의해 빔이 특정한 양을 초과하여 박막에 도달하지 못하게 된다. 반면에, 중성 원자 빔이 사용되는 경우에는, 어떠한 전하도 박막 내부에 쌓이지 않는 한

편, 우수한 지향성을 갖는 평행 빔이 박막에 도달하여 원활하게 결정화를 이룰 수 있게 된다.

#### [A-1-3. 또 다른 시료의 예]

비록, 상기 설명이 다결정 Si 박막(82)을 단결정 Si 박막으로 변환하는 경우에 대해서만 주어졌지만, 본 발명의 방법은 다결정 박막 뿐만 아니라, 아몰포스 박막에도 적용되어 유사한 효과를 얻을 수 있다. 이하, 이 점을 입증해주는 실험 데이터를 설명한다.

본 실험에서는, 먼저, 플라즈마 CVD에 의해 석영기판 위에 아몰포스 Si 박막을 형성하여 시료를 제조하였다. 시료에 가해질 불활성 가스는 Ne 가스로부터 제조하였다. 석영기판의 두께는 1.5mm이고, 아몰포스 Si 박막의 두께는 약 2000Å이었다. 이 시료를 히터(87) 위에 장착하여, 550°C의 온도로 유지하였다. 이 상태에서, 상기 시료를 200V의 이온발생원의 가속 전압과 2mA/cm<sup>2</sup>의 전류밀도의 조건하에서 약 20초 동안 빔으로 조사하였다. 그 결과, 조사된 시료의 중앙 부분으로부터 아몰포스 Si 특유의 갈색이 사라지고, 이 부분이 옅은 노란색의 투명한 상태로 변화되었다. 이 시점에서, 약 1cm의 부분을 X 선과 직접적인 에칭을 통해 조사하였으며, 이에 따라, 기판의 법선 방향을 따라 (110)축으로 단결정 Si이 형성되었음을 알 수 있었다.

결정면을 SiO<sub>2</sub>(산화 실리콘)막으로 피복하고, 이 산화막 내부에 작은 구멍을 형성하여, 이것을 KOH(수산화 칼륨)으로 에칭하여 에칭 피트를 확인함으로써 결정배향을 판정하였다. 이 결과, 에칭 피트가 6각형의 형태를 갖는 것을 확인할 수 있었으며, 이에 따라 법선방향으로 (100)축을 갖는 단결정 Si이 완성되었다는 것을 확인할 수 있었다.

#### [A-2. 제2실시예]

이하, 본 발명의 제2실시예를 설명한다.

##### [A-2-1. 장치의 전체 구조]

제4도는 본 발명의 제2실시예에 따른 방법을 효과적으로 실시하기 위한 장치(101)를 나타낸 정단면도이다. 또한, 이 장치(101)는, 전술한 장치(80)와 마찬가지로, 사전에 기판(11) 위에 형성된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환하도록 구성된다.

상기 장치(101)는, 반응용기(1)와, 상기 반응용기(1)의 상부에 설치된 전자 사이클로트론 공명(ECR) 이온 발생기(2)를 구비한다. ECR 이온 발생기(2)는 그것의 내부에 플라즈마 챔버(4)를 한정하는 플라즈마 용기(3)를 구비한다. 자기 코일(5)이 플라즈마 용기(3)를 둘러 설치되어, 플라즈마 챔버(4)에 높은 dc 자기장을 인가한다. 더욱이, 마이크로파 및 Ne 가스와 같은 불활성 가스를 플라즈마 챔버(4) 내부로 각각 도입하기 위해, 플라즈마 용기(3)의 상면에는 도파로(waveguide)(6)와 입구 파이프(7)가 설치된다.

상기 반응 용기(1)는 반응 챔버(8)를 그 내부에 형성한다. 플라즈마 용기(3)의 하부에는 그것의 중앙에 플라즈마를 보내기 위한 출구(9)가 형성된다. 상기 반응 챔버(8)와 플라즈마 챔버(4)는 출구(9)를 통해 서로 연통된다. 상기 반응 챔버(8)의 내부에는, 출구(9) 바로 아래의 위치에 시료 홀더(10)가 배치된다. 기판(11)은 시료 홀더(10) 위에 배치되는 한편, 반사기(12)는 기판(11) 위에 배치되도록 놓인다. 상기 시료 홀더(10)는 기판(11)을 가열하여 그것을 적절한 고온 레벨로 유지하기 위한 히터(미도시)를 구비한다.

바람직하게는, 상기 반사기(12)는 금속으로 제조된다. 시료 홀더(10)는 회전구동장치(미도시)와 연결되어, 수평면에서 회전 가능하다. 더욱이, 시료 홀더(10)는 반사기(12)를 고정시킨 채 기판(11)을 수평으로 이동시킬 수 있다.

상기 반응 챔버(8)는 배출 파이프(14)와 연통된다. 배출 파이프(14)의 일단은 배출 파이프(14)를 통해 반응 챔버(8)를 진공으로 만들기 위한 진공 유니트(미도시)와 연결되어, 반응 챔버(8)를 소정의 진공도로 유지한다. 반응 챔버(8)의 진공도를 표시하는 진공 게이지(15)가 반응 챔버(8)와 연통하며 설치된다.

##### [A-2-2. 반사기의 구조]

제5도는 반사기의 일례(12a)를 나타낸 사시도이다. 이 반사기(12a)는 단결정 Si와 같이 다이아몬드 구조를 갖는 단결정을 형성하도록 구성된다. 상기 반사기(12a)는 평판형의 베이스(21)의 중앙부에 개구를 갖는다. 직육면체 형태를 갖는 3개의 블록(22)은 개구 주위에 고정 설치되고, 반사 블록(23)이 상기 블록(22)의 내측에 고정된다. 결과적으로, 베이스(21)의 중앙부에 반사 블록(23)에 의해 형성된 정삼각형의 개구(24)가 만들어진다. 상기 반사 블록(23)에 있어서, 개구(24)를 마주보는 경사면(25)은 가스 빔을 반사하는 반사면으로 작용한다. 따라서, 상기 경사면(25)의 경사각은 형성되어질 단결정의 결정축 방향에 따라 적절한 레벨로 설정된다.

제6a도, 제6b도 및 제6c도는 각각 블록(22)과 반사 블록(23)으로 이루어진 반사기(12a)의 평면도, 측면도 및 정면도이다. 제6b도에 도시된 것 같이, 각 경사면(25)의 경사각은 55°로 설정된다. 상기 반사기(12a)는 기판(11)을 고정하지 않는 구조를 가져, 기판(11)의 반사기(12a)에 대해 수평방향으로 상대적으로 이동할 수 있다. 따라서, 반사기(12a)를 시료 홀더(10)에 고정시킨 채 기판(11)을 수평방향으로 이동시킴으로써, 대면적을 갖는 기판(11) 위에 단결정 박막을 형성할 수 있다.

##### [A-2-3. ECR 이온 발생기의 동작]

제4도를 다시 참조하여, ECR 이온 발생기(2)의 동작을 설명한다. Ne 가스 또는 Ar 가스와 같은 불활성 가스가 불활성 가스 입구 파이프(7)로 부터 플라즈마 챔버(4)로 도입되는 한편, 이와 동시에 마이크로파가 도파로(6)로부터 플라즈마 챔버(4)로 도입된다. 또한, 이와 동시에 자기 코일(5)에 dc 전류가 공급되어, 플라즈마 챔버(4)와 그 주변에 dc 자기장을 형성한다. 공급되는 가스는 마이크로파와 dc 자기장에 의해 플라즈마 상태로 유지된다. 이러한 플라즈마는 마이크로파와 dc 자기장에 의해 사이클로트론의 원리로 나선 운동을 고에너지 전자에 의해 형성된다.



반자성을 갖는 이온 전자는 약한 자기장 쪽으로 이동하며, 자력선을 따라 전자 흐름을 형성한다. 그 결과, 중성을 유지하기 위해, 양이온들도 상기한 전자의 흐름을 쫓아 자력선을 따라 이온 흐름을 형성하게 된다.

즉, 전자의 흐름과 이온 흐름이 출구(9)로부터 반응 챔버(8)로 아래로 향하게 된다. 이와 같이 서로 평행으로 흐르는 이온 흐름과 전자 흐름은 탈이온화 시간이 경과한 후에 서로 재결정합되어, 중성 원자의 흐름을 형성한다. 그러므로, 출구(9)로부터 아래로 소정 거리 이상 떨어진 위치에서는 거의 중성 원자의 흐름만이 형성된다.

제7도는 ECR 이온 발생기(2)에 의해 출구(9)로부터 10 eV의  $Ar^+$  이온이 방출된 경우에 실제 측정된 이온 전류 밀도와 출구(9)로부터의 거리와의 관계를 나타낸 그래프이다. 이 그래프로부터, 이온 전류 밀도가 출구(9)로부터 약 4 내지 5cm의 거리에서 급격히 감소하며, 14cm의 위치에서는 1/10 내지 1/12의 레벨로 감쇄된다는 것을 알 수 있다. 중성 원자의 흐름은 이러한 이온 흐름의 감쇄에 따라 증가되므로, 출구(9)로부터 아래쪽으로 최소한 14cm 이상 떨어진 위치에서의 거의 중성 원자의 흐름만이 있게 된다.

따라서, 이온을 발생하는 상기 ECR 이온 발생기(2)는 전자의 흐름과 평행한 이온 흐름을 형성하므로, 이온흐름을 중성화하는 여타의 수단을 사용하지 않고도, ECR 이온 발생기(2)를 사용함으로써 고밀도의 중성원자의 흐름을 용이하게 얻을 수 있다. 더욱이, 이온 흐름이 전자의 흐름과 평행하게 형성되므로, 거의 발산이 없이 정렬된 진행방향을 갖는 평행한 흐름에 가까운 이온의 흐름을 얻을 수 있다. 이와 같이 평행한 이온의 흐름은 중성원자의 흐름으로 변환하므로, 원자의 흐름 또는 정렬된 진행방향을 갖는 평행한 흐름에 가깝게 된다.

#### [A-2-4. 장치 101의 동작]

제4도를 다시 참조하여, 장치 101의 동작을 설명한다. 반사기(12)는 제5도와 제6a도 내지 제6c도에 도시된 반사기(12a)를 사용하고, 석영기판(11) 위에 단결정 Si 박막이 형성되도록 기판(11)이 다결정 SiQ(석영)으로 제조된 것으로 가정한다. 사전에, CVD와 같이 공지된 방법에 의해 다결정 Si 박막을 석영기판(11) 위에 형성한다.

먼저, 시료를 시료 홀더(10)와 반사기[12a(12)] 사이에 장착한다. 시료 홀더(10) 내부에 설치된 히터를 시료, 즉, 석영 기판(11)과 다결정 Si 박막을 제1실시예에서와 비슷한 온도, 즉, 550°C의 온도로 유지한다.

바람직하게는, 불활성 가스 입구 파이프(7)로부터 도입되는 불활성 가스는 Si 원자보다 작은 원자량을 갖는 Ne 가스로부터 제조된다. ECR 이온 발생기(2)의 작용에 의해,  $Ne^+$  이온의 전류와 전자의 흐름이 출구(9)로부터 하향으로 형성된다. 상기 출구(9)와 반사기[12a(12)]사이의 거리는  $Ne^+$  이온의 전류를 Ne 원자의 흐름으로 거의 변환하기에 충분한 레벨로 설정한다. 반사기[12a(12)]는 아래로 향한 Ne 원자의 흐름을 받는 위치로 설정된다.

아래로 향한 Ne 원자의 흐름의 일부는 반사기(12a) 내부에 형성된 3개의 경사면(25)에 의해 반사되며, 개구(24)를 통해 SiQ기판(11) 위에 설치된 다결정 Si 박막에 가해진다. Ne 원자의 흐름의 또 다른 일부는 경사면(25)에 입사하지 않고 개구(24)를 통해 다결정 Si 박막에 직접 입사한다. 즉, 다결정 Si 박막은 4가지 종류의 Ne 원자 흐름 성분, 즉 출구(9)로부터 직선방향으로 받은 한 성분과 3개의 경사면(25)에 의해 반사된 3개의 성분으로 조사된다. 상기 경사면(25)의 경사각이 55°로 설정되기 때문에, 4가지 Ne 원자 흐름 성분의 입사방향은 형성되어질 Si 단결정에 대한 4개의 독립된 가장 밀도가 높은 결정면, 즉, (111) 면에 수직한 4개의 방향에 대응한다.

상기 ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성된 플라스마 에너지는, SiQ기판(11)에 도달하는 Ne 원자가 Ne 원자의 조사에 의한 Si의 스퍼터링에서의 임계 에너지 (=27eV)보다 낮은 에너지 레벨에 존재하도록 설정된다. 따라서, 브라비스의 법칙이 다결정 Si 박막에 적용된다. 그 결과, 다결정 Si 박막 내부의 Si 원자들은 가해진 Ne 원자의 흐름의 입사방향에 수직한 평면이 가장 밀도가 높은 결정면을 한정하도록 재배열한다. 가해진 Ne 원자의 흐름이 다결정 Si의 4개의 독립적인 가장 밀도가 높은 결정면에 수직한 방향에 해당하는 방향으로 입사하는 4개의 성분을 가지므로, Si 원자들은 입사방향에 수직한 모든 평면들이 가장 밀도가 높은 결정면을 한정하도록 재배열된다. 즉, 4개의 독립적인 (111) 면의 재배열의 방향이 서로 독립적인 입사방향을 갖는 4개의 Ne 원자 빔에 의해 조절되므로, 결정배향이 일정하게 결정된다. 따라서, 다결정 Si 박막의 표면 근처의 층이 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si층으로 변환된다.

상기 다결정 Si 박막(82)의 온도는 550°C, 즉, 시드 결정을 성장시키기에 적합한 범위의 레벨로 조절된다. 이에 따라, 다결정 Si 박막의 표면 위에 형성된 단결정 Si 층이 시드 결정으로 작용하며, 다결정 Si 박막(82)의 심부를 향해 성장된다. 결국, 다결정 Si 박막의 전체 영역이 단결정 Si 층으로 변환된다. 이에 따라, 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 층이 석영 기판(11)위에 형성된다. 상기한 제3a도 및 제3b도는 상기한 단결정 Si 층의 형성과 성장의 진행과정을 일반적으로 나타내고 있다.

상기한 바와 같이, 중성 Ne 원자의 흐름에 다소 혼합된  $Ne^+$  이온의 흐름이 반사기(12)에 의해 반사될 때  $Ne^+$  이온이 중성 Ne 원자의 흐름으로 변환되며, 기판(11)이 변환된 중성 Ne 원자의 흐름으로 조사되도록, 반사기(12)를 금속으로 제조하는 것이 바람직하다. 중성 원자의 흐름은 그 진행방향이 이온의 흐름과 달리 거의 발산되지 않으므로 기판(11) 상에 정렬된 방향을 갖는 흐름으로 유리하게 입사된다.

시료를 Ne 원자의 흐름으로 조사하는 과정에서, 시료 홀더(10)를 회전시키기 위해 회전구동장치(미도시)를 구동시킬 수도 있다. 이에 따라, 다결정 Si 박막 위의 조사량의 분포에 대한 균일도를 향상시키는 것이 가능하다.

#### [A-2-5. 근거 데이터]



이하, 제2실시예에 따른 방법에 의해 단결정 박막의 형성을 확인 하기 위한 시험과정에 대해 설명한다. 제8도는, 상기한 방법에 근거하여 다결정 Si 기판 및 그 위에 형성된 단결정 Si 박막으로 이루어진 시료의 전자선 회절 이미지에 대한 실험 데이터를 나타낸 것이다. 상기 시료는 반사기를 사용하여 기판을 4개의 Ne 원자 흐름 성분으로 조사하여 얻어진 것이다.

이 시료에서는, 제8도에서 볼 수 있듯이, 3종의 회절 대칭성을 갖는 회절 반점이 얻어졌다. 이것에 의해, 얻어진 시료가 정렬된 결정 방향을 갖는 단결정 Si로 형성되었다는 것을 확인할 수 있다. 아몰포스 구조보다 원자의 배열에 있어서 더 높은 규칙성의 다결정 구조를 갖는 다결정 Si 박막을 단결정 Si 박막으로 변환할 수 있으므로, 아몰포스 Si와 같이 아몰포스 구조를 갖는 박막을 단결정 Si 박막으로 변환하는 것이 당연히 가능하다는 것을 개념적으로 알 수 있다.

#### [A-2-6. Si 박막 이외의 단결정 박막의 형성 방법]

비록, 상기 장치(101)의 구조와 동작을 단결정 Si 박막의 형성을 참조하여 설명하였으나, 상기 장치(101)를 사용하여 Si 박막 이외의 단결정 박막을 형성하는 것도 가능하다.

하기 표 1은 가해진 원자 또는 이온의 종류와 타겟 박막을 구성하는 원소의 여러 가지 조합에 대한 스퍼터링 임계 에너지의 값을 나타낸 것이다. 각각의 조합에 있어서는, 표에 나열된 임계에너지보다 낮은 에너지 레벨에 있는 이온의 흐름 또는 원자의 흐름을 가할 필요가 있다. 화합물로 이루어진 박막에 대해서는, 그 원소를 중에서 최대의 원자량을 갖는 원소에 관련된 임계에너지 레벨을 참조하면 된다. 하기 표 1에 나타난 값들은, 달리 언급되지 않은 경우에는, 시뮬레이션에 근거하여 얻어진 것이다.

[표 1]

시제 4-19

단결정 Si 이외의 단결정 박막의 형성 방법

원소	원자량	단결정 Si 이외의 단결정 박막의 형성 방법
Al	27	100-150
Si	28	100-150
Ge	72.6	100-150
As	75	100-150
Sb	121.8	100-150
Bi	209	100-150

조사가 이루어질 때 박막이 Si와 같은 단단한 물질이 아닌, 예를 들어, GaAs와 같은 화합물에 의해 형성되는 경우에는, 최대 원자량을 갖는 원소보다 가벼운 원자를 가하는 것이 바람직하다. 또한, 간단한 원자 빔 대신에, 예를 들어, N<sub>2</sub>와 같은 화합물 빔이 가해질 수도 있다. 이 경우에, 화합물을 구성하는 원소(예를 들어, N 원자)는 조사될 때 박막을 구성하는 최대원자량을 갖는 원소보다 가벼운 것이 바람직하다.

#### [A-2-7. 반사기의 또 다른 실시예]

이하, 반사기의 또 다른 실시예에 대한 구조를 설명한다. 제9도 및 제10a도 내지 제10c도는, 제5도에 도시된 반사기(12a)와 유사하게, 그것의 (1110 면이 가장 밀도가 높은 면이 되는 다이아몬드 결정구조를 갖는 단결정 박막을 형성하기 위한 반사기 (12b)를 도시한 것이다. 제9도는 반사기(12b)는 사시도이고, 제10a도 내지 제10c도는 그것의 3개의 면을 나타낸 것이다. 이 반사기(12b)에는 시료 홀더(10) 위에 장착되는 베이스(31)의 상면에 기판(11)을 할주시키는 홀(31a)에 설치되어, 기판(11)이 베이스(31) 내부에 장착된다. 따라서, 기판(11)은, 상기 반사기(12a)에서와 달리, 기판이 조사될 때 홀 (31a)에 고정된다. 반사 블록(33)의 저면이 베이스(31)의 상면에 놓여져, 반사 블록(33)은 기판(11) 위에 위치하게 된다. 제10b도에 도시된 것 같이, 반사 블록(33)에 설치된 경사면(35)의 경사각은, 반사기(12a)의 경우와 마찬가지로, 55°로 설정된다.

또한, 다이아몬드 구조 이외의 결정구조를 갖는 단결정 박막을 형성하는 것도 가능하다. 이 경우에는, 타겟의 결정구조에 적합한 결정구조를 갖도록 또 반사기가 설치될 수 있다. 더욱이, 동일한 결정구조 내부에 다양한 결정배향을 갖는 단결정 박막을 형성하는 것도 가능하다. 이 경우에는, 상기한 바와 같이, 결정배향 각각에 적합한 반사기가 설치된다.

제11a도 및 제11b도는 기판의 표면과 나란한 (100) 면을 갖는 다이아몬드 구조의 단결정에 대응하는 반사기(12c)의 일례를 나타낸 것이다. 제11a도는, 반사기(12c)를 나타낸 평면도인 제11b도의 A-A선에 따른 정단면도이다. 평판형 베이스(41)의 상면에 홀(42)이 형성된다. 기판(11)은 이 홀(42) 내에 삽입된다. 즉, 반사기(12c)는 기판(11)을 수용하도록 구성되고, 기판은 그것이 조사될 때 반사기(12c)에 대해 상대적으로 수평이동할 수 없다. 상기 베이스(41)는 시료 홀더(10) 위에 위치하게 된다.

4개의 반사 블록(43)은 베이스(41) 상의 기판(11) 주위에 서로 수직하게 인접하도록 배치된다. 반사 블록(43)의 경사면(45) 위에만 구멍(47)이 형성된 차폐판 (46)이 반사 블록(43)의 상에 놓여진다. 위쪽에서 아래로 차폐판(46)에 입사하는 원자의 흐름 또는 이온의 흐름은 구멍(47)을 통해서만 통과되어, 경사면(45)에 의해 모두 반사된다. 즉, 위쪽에서 직접 입사한 성분이 전혀 없이, 반사된 4개의 원자의 흐름 또는 이온의 흐름 성분만이 기판(11)에 입사된다. 상기 경사면(45)의 경사각은 62.63°로 설정된다. 따라서, 상기 4개의 성분의 입사방향을 다이아몬드 구조를 갖는 결정에 있어서, 서로 독립적인 네도(11) 면에 수직한 방향에 부합된다.

제12a도 및 제12b도는, 기판의 표면에 나란한 (110) 면을 갖는 다이아몬드 구조의 단결정에 대응하는 반사기(12d)의 예를 나타낸 것이다. 제12a도는, 반사기(12d)의 평면도인 제 12a도의 B-B 선을 따른 정단면도이다. 베이스(51)의 상면에 35°의 경사각을 갖는 홀(52)이 형성된다. 기판(11)은 이 홀(52)에 삽입된다. 즉, 반사기 (12d)는 기판(11)을 수용하도록 구성되며, 기판은 그것이 조사될 때 반사기(12d)에 대해

상대적으로 수평이동할 수 없다. 베이스(51)는 시료 홀더(10) 상에 위치하게 된다.

한 개의 반사 블록(53)이 베이스(51) 위에 배치된다. 상기 반사 블록(53)의 경사면(55)은 베이스(51)의 상면에 대해 90°의 경사각으로 설정된다. 따라서, 위쪽에서 입사되는 원자의 흐름 또는 이온의 흐름은, 기판(11)에 35°의 경사각으로 직접 입사하는 성분과, 경사면(55)에 의해 반사되어 마찬가지로 35°의 경사각으로 반대쪽에서 입사하는 성분의 2가지 성분으로 나뉘어진다. 이들 성분의 입사방향은, 다이아몬드 구조를 갖는 결정의 서로 독립적인 4개의 (111)면 중에서 2개의 독립적인 평면에 수직한 방향에 부합된다. 즉, 이들 2개의 성분은 서로 독립적인 2개의 가장 밀도가 높은 평면의 방향을 결정하므로, 반사기(12d)를 채용함으로써 상기 (110)면이 기판의 표면에 평행하도록 정렬된 결정배향을 갖는 다이아몬드 구조의 단결정 박막을 형성할 수 있다.

#### [A-3. 제3실시예]

이하, 본 발명의 제3실시예를 설명한다.

##### [A-3-1. 장치의 전체 구조]

제13도는 본발명의 제3실시예에 따른 단결정 박막 형성방법을 효율적으로 수행하기 위한 단결정 박막 형성장치(100)의 구조를 나타낸 정단면도이다. 제13도에 있어서, 제4도에서와 동일한 구성요소에는 동일한 도면부호를 사용하고, 제13도의 도면부호의 대한 상세한 설명은 생략한다. 이 장치(100)는, 상기 장치(101)과 마찬가지로, 반응용기(1)과, 반응용기(1)의 상부에 설치된 전자 사이클로트론 공명(ECR) 이온 발생기(2)를 구비한다.

반응챔버(8)의 내부에는, 출구(9) 바로 아래의 위치에 시료 홀더(10)가 배치된다. 본 장치(1010)에서는, 시료 홀더(10)가 히터를 구비할 필요는 없다. 기판(11)은 시료 홀더(10) 위에 놓여지는 한편, 반사기(12)는 기판(11) 위에 배치되도록 놓인다. 단결정 구조 또는 아몰포스 구조를 갖는 물질로 이루어진 평판인 기판(11)은 시료를 구성하는 하나의 구성요소이다. 상기 기판(11) 위에 원하는 단결정 박막이 형성된다. 상기 반사기(12)로서, 반사기 12a(제5도, 제6a도~제6c도), 12b(제9도, 제10a도 및 제10b도), 12c(제11a도 및 제11b도) 또는 12d(제12a도 및 제12b도)가 사용될 수 있다.

상기 반응 챔버(8)는 반응 가스 공급 파이프(13)와 연통된다. 반응가스는 반응 가스 공급 파이프(13)를 통해 공급되며, 플라즈마 CVD에 의해 소정 물질의 박막을 기판(11) 위에 형성한다. 제13도에 나타낸 실시예에서는 3개의 반응 가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)가 설치된다. 상기 장치(101)과 마찬가지로, 배출 파이프(14)의 일단은 배출 파이프(14)를 통해 반응 챔버(8)를 진공으로 만드는 진공 유니트(미도시)와 연결되어, 반응 챔버(8)를 소정의 진공도로 유지한다.

##### [A-3-2. 장치(100)의 동작]

이하, 상기 장치(100)의 동작을 설명한다. 반사기(12)로는 제5도와 제6a도 내지 제6c도에 도시된 반사기(12a)를 사용하고, 기판(11)이 단결정 SiO<sub>2</sub>(석영)으로 제조되어 석영 기판(11) 위에 단결정 Si 박막이 형성되는 것으로 가정한다. 반응가스 공급관(13a, 13b, 13c)은, 단결정 Si의 주요 물질인 Si를 제공하는 SiH<sub>4</sub>(실란)가스와, 기판(11)을 p-형 및 n-형 불순물로 각각 도핑하기 위한 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(디보란) 가스 및 PH<sub>3</sub>(포스핀) 가스를 공급한다. 불활성가스 입구 파이프(?)로부터 도입되는 불활성 가스는 Si 원자보다 작은 원자량을 갖는 Ne 가스를 사용하는 것이 바람직하다.

ECR 이온 발생기(2)의 작용에 의해, 출구(9)로부터 아래로 Ne<sup>+</sup>이온의 흐름과 전자의 흐름이 형성된다. 상기 출구(9)와 반사기[12a(12)] 사이의 거리는 Ne<sup>+</sup>이온의 흐름을 거의 Ne 원자의 흐름으로 변환하는데 충분한 레벨로 설정된다. 상기 반사기 [12a(12)]는 아래로 Ne 원자의 흐름을 받는 위치에 설치된다. 반응 가스 공급 파이프(13a)에 의해 공급된 실란 가스는 Ne<sup>+</sup>이 흐름 또는 Ne 원자 흐름에 의해 상기 SiO<sub>2</sub> 기판(11)에 충돌한다. 그 결과, SiO<sub>2</sub> 기판(11)의 상부 표면에서 플라즈마 CVD 반응이 진행되어, 실란 가스로부터 제공된 Si에 의해 형성된 박막, 즉, Si 박막이 성장한다. 한편, 디보란 가스 또는 포스핀 가스가 적절하게 조절된 속도로 공급되며, 이 가스에 의한 플라즈마 CVD 반응이 진행되어 희망하는 밀도의 B(붕소) 또는 P(인)을 함유하는 Si 박막을 형성할 수 있다.

상기 SiO<sub>2</sub> 기판(11)은 가열되지 않아, 거의 상온으로 유지되므로, Si 박막이 거의 상온에서 성장된다. 즉, Si 박막은 플라즈마 CVD에 의한 결정화를 용이하게 하는 레벨보다 높지 않은 온도에서 형성된다. 따라서, Si 박막은 플라즈마 CVD에 의해 아몰포스 Si 박막으로 먼저 형성된다.

아래로 향하는 Ne 원자의 흐름 중 일부는 반사기(12a) 내부에 형성된 3개의 경사면(25)에 의해 반사되어, 개구(24)를 통해 SiO<sub>2</sub> 기판(11)의 상부 표면에 입사된다. Ne 원자 흐름의 나머지 부분은 경사면(25) 위에 입사되지 않고 개구(24)를 통해 SiO<sub>2</sub> 기판(11)의 상면에 직접 입사한다. 즉, SiO<sub>2</sub> 기판(11)의 상부 표면에 형성되는 Si 박막은 4개의 Ne 원자 흐름 성분, 즉, 출구(9)로부터 바로 받은 성분과 3개의 경사면(25)에 의해 반사된 3개의 성분으로 조사된다. 경사면(25)의 경사각이 55°로 설정되어 있으므로, 4개의 Ne 원자 흐름 성분의 입사방향은 형성될 Si 단결정의 4개의 독립적인 가장 밀도가 높은 결정면, 즉, (111)면에 수직한 4개의 방향에 대응한다.

상기 ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성되는 플라즈마 에너지는, SiO<sub>2</sub> 기판(11)에 도달하는 Ne 원자가, 형성된 Si 박막 내부에 스퍼터링을 일으키지 않는 에너지 레벨, 즉, Ne 원자의 조사에 의한 Si의 스퍼터링에 있어서의 일계 에너지(-27eV)보다 낮은 레벨로 존재하도록 설정된다. 이에 따라, 브라비스의 법칙이 성장된 아몰포스 Si 박막에 적용된다. 즉, 아몰포스 Si 내부의 Si 원자들은, 아몰포스 Si에 가해진 Ne 원자의 흐름 성분에 수직한 평면들이 가장 밀도가 높은 결정면을 한정하도록, 재배열된다. 가해진 Ne 원자의 흐름이 한 개의 결정배향을 갖는 단결정 Si의 가장 밀도가 높은 결정면에 수직한 방향에 대응하는 방향으로 입사하는 4개의 성분을 갖기 때문에, Si 원자들은 각 성분의 입사방향에 수직한 평면들이

가장 밀도가 높은 결정면을 한정하도록 재배열된다. (111) 면의 방향이 서로 독립적인 입사방향을 갖는 복수의 Ne 원자 흐름에 성분에 의해 조절되므로, 단결정 배향을 갖는 단결정 Si에 상기 Si 원자의 배열과 같이 형성된다. 즉, 플라즈마 CVD에 의해 성장된 아몰포스 Si 박막은 정렬된 결정배향을 가지는 단결정 Si 박막으로 순차적으로 변환된다.

상기 디보란 가스 및 포스핀 가스는 실란 gas와 동시에 반응가스 공급 파이프 13b 또는 13c에 의해 공급되므로, B 또는 P를 함유한 단결정 Si 박막이 형성된다. 또한, 불순물 원소를 함유한 미물 반응가스를 교체함으로써, 예를 들어, p-형 단결정 Si층 위에 등축 -축 단결정 Si층을 형성할 수도 있다.

상기한 바와 같이, SiO<sub>2</sub> 기판(11)은 가열되지 않으므로, 상기 Si 박막은 플라즈마 CVD에 의해 결정화를 촉진시키는 온도보다 낮은 온도에서 형성된다. 이것은, 결정배향이 Ne 원자 흐름성분이 방향에 무관하게 임의로 이루어져 조절될 수 없는 반면에, Ne 원자 흐름 성분을 가하지 않으면서 플라즈마 CVD 단독으로 Si의 결정화를 촉진시키는 고온에서는 다결정이 불가피하게 형성되기 때문이다.

상기 제1실시예에서 설명한 것 같이, Si 박막에 가해지는 원자의 흐름을 구성하는 원소로서는 Si 원자보다 가벼운 Ne를 선택하는 것이 바람직하다. 상기 제2실시예에서 설명한 것 같이, 반사기(12)는 금속제로 형성하는 것이 바람직하다.

상기 장치(100)에서는, 플라즈마 CVD에 의한 Si 박막의 성장과정과 동시에 단결정으로의 변환의 연속적으로 진행된다. 따라서, 저온에서 두께가 두꺼운 단결정 Si 박막을 형성할 수 있다. 저온에서 단결정 박막이 형성될 수 있으므로, 이미 소정의 소자가 장착된 기판 위에 상기 소자의 특성을 변화시키지 않으면서도 새로운 단결정 박막을 추가로 형성할 수 있다.

따라서, 상기 장치(100)에서는, 박막에 대해 지지부재로서의 기능만을 하는 기판 뿐만 아니라, 소정의 구조와 기능을 갖는 소자가 형성된 기판위에도 단결정 박막을 형성할 수 있다.

상기 방법에 의한 단결정 박막의 형성을 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 다결정 SiO<sub>2</sub> 기판과 그 위에 단결정 Si 박막이 형성된 시료에 대해 제8도에 나타낸 것과 유사한 전자 빔 회절 이미지가 얻어졌다.

이것에 의해, 반사기(12)를 사용하여 얻어진 시료는 정렬된 결정 축을 갖는 단결정 Si으로 형성되었음을 확인할 수 있었다. 원자배열에 있어서 아몰포스 구조보다 더 높은 규칙성을 갖는 다결정 구조의 SiO<sub>2</sub> 기판 위에 단결정 Si 박막을 형성할 수 있으므로, 아몰포스 Si 기판과 같이 아몰포스 구조를 갖는 기판 위에 단결정 박막을 당연히 형성할 수 있다는 것은 개념적으로 알 수 있다.

#### [A-3-3. Si 박막 이외의 단결정 박막을 형성하는 방법]

상기 장치(100)의 구조와 동작을 단결정 Si 박막의 형성을 참조하여 설명하였으나, 상기 장치(100)를 사용하여 Si 박막 이외의 단결정 박막을 형성하는 것도 가능하다. 하기 표 2 내지 표 5는, 예를 들어, 전술한 Si 박막을 포함하면서, 상대적으로 수요가 많은 반도체 단결정 박막을 형성하는 반응조건을 나타낸 것이다. 하기 표 2는 공급되는 불활성 gas와 반응가스의 종류를 나타낸 것이다. 하기 표 3 내지 표 5는 각각의 반도체 단결정 박막을 형성할 때의 반응 가스의 유량, 불활성 가스의 유량 및 여타의 공정조건을 나타낸 것이다.

[표 2]

반응 가스 및 불활성 가스

반응 가스	불활성 가스
SiH <sub>4</sub>	He
SiH <sub>4</sub>	Ne
SiH <sub>4</sub>	Ar
SiH <sub>4</sub>	Kr
SiH <sub>4</sub>	Xe
SiH <sub>4</sub>	He
SiH <sub>4</sub>	Ne
SiH <sub>4</sub>	Ar
SiH <sub>4</sub>	Kr
SiH <sub>4</sub>	Xe
SiH <sub>4</sub>	He
SiH <sub>4</sub>	Ne
SiH <sub>4</sub>	Ar
SiH <sub>4</sub>	Kr
SiH <sub>4</sub>	Xe

[표 3]

반응 가스 및 불활성 가스

반응 가스	불활성 가스
SiH <sub>4</sub>	He
SiH <sub>4</sub>	Ne
SiH <sub>4</sub>	Ar
SiH <sub>4</sub>	Kr
SiH <sub>4</sub>	Xe
SiH <sub>4</sub>	He
SiH <sub>4</sub>	Ne
SiH <sub>4</sub>	Ar
SiH <sub>4</sub>	Kr
SiH <sub>4</sub>	Xe
SiH <sub>4</sub>	He
SiH <sub>4</sub>	Ne
SiH <sub>4</sub>	Ar
SiH <sub>4</sub>	Kr
SiH <sub>4</sub>	Xe

[ 丑 4 ]

[illegible]

[ 丑 5 ]

[illegible]

따라서, 상기한 각 장치(100, 101)에 있어서는, 상기한 Si 단결정 박막 뿐만 아니라, GaAs, GaN 등의 화합물 단결정 박막과, 예를 들어, SiO<sub>2</sub> 와 같은 절연체의 단결정 박막과 같은 다양한 형태의 단결정 박막을 기판 위에 형성할 수 있다.

[A-4. 제1실시예 내지 제3실시예의 변형예]

(1) 제1실시예 또는 제2실시예에 있어서는, 예를 들어, GaN의 단결정 박막을 형성하기 위하여, 다결정 GaN 막이 먼저 통상적인 CVD에 의해 Si 기판 위에 성장될 수 있다. 그후, 상기 장치(101)를 사용하여, 예를 들어, N 원자를 함유하는  $N_2$ (질소) 가스 또는  $NH_3$ (암모니아) 가스를 불활성 가스 입구 파이프(7)를 통해 도입하고, 가스의 분자 호를 또는 해리된 원자의 호를으로 Ga N 박막을 조사한다. GaN의 내부에 잔류할 수 있는 N 원자는 GaN를 구성하는 하나의 원소로서 단결정에 흡수되므로, GaN의 특성에 악영향을 미칠 가능성은 없다.

(2) 제1실시예 또는 제2실시예에 있어서는, GaAs 단결정 박막을 형성하기 위하여, GaAs 다결정 박막을 통상적인 분자선 에피택시법에 의해 Si 기판 위에 형성할 수 있는데, 이때, 기판 온도가 500°C로 유지되고, 가해지는 가스는 저가의 Ar 가스로부터 제조되며 반사기가 Ta 판으로 제조된다는 것을 제외하고는, Si 단결정 박막을 형성하는 조건과 동일한 조건이 사용된다. 이 방법에 의해, GaAs 단결정 박막을 얻는 것이 가능하였다.

(3) 제3실시예에 있어서는, GaN의 단결정 박막을 형성하기 위하여, N 원자를 함유한  $N_2$  (질소) 가스 또는  $NH_3$  (암모니아) 가스를 장치(100)의 불활성 가스 입구 파이프(?)를 통해 도입하고, 가스의 분자 흐름 또는 분해된 N 원자의 흐름으로 GaN 박막을 조사할 수 있다. GaN의 내부에 잔류할 수 있는 N 원자는 GaN을 구성하는 원소로서 단결정에 흡수되므로, GaN의 특성에 악영향을 미칠 가능성은 없다.

(4) 상기한 반사기(12) 대신에, 박막에 가해지는 원자 흐름의 성분수에 대응하는 개수의 ECR 이온발생기(2)를 설치하여, ECR 이온발생기(2)에서의 원자의 흐름을 직접 박막에 가할 수도 있다. 그러나, 이와 같은 방법에 비해, 한 개의 ECR 이온 발생기(2)와 한 개의 반사기(12)를 사용하는 제4도 또는 제13도에 도시된 방법이, 장치의 구조가 더욱 간단하고 반응 챔버(8) 내부를 높은 진공도로 유지할 수 있으므로 더 우수하다.

더욱이, 상기 장치 100에 있어서, ECR 이온 발생기(2)는 플라즈마 CVD를 수행하기 위해 반응가스에 에너지를 공급하는데 필요한 에너지원으로서의 기능도 수행한다. 즉, 한 개의 ECR 이온 발생기(2)와 한 개의 반사기(12)를 사용하는 제13도에 도시된 방법은, 플라즈마 CVD를 수행하는데 원래부터 요구되는 구조에 반사기(12)를 단순히 추가함으로써 상기한 기능을 수행할 수 있다는 특별한 이점을 갖는다.

(5) 상기한 ECR 미온 발생기(2)는 케이지형(Cage type) 미온 발생기 또는 카우프만(Kaufmann)형 미온 발생기와 같은 다른 미온 발생기로 교체될 수 있다. 그러나, 이 경우에는, 형성된 미온 흐름의 유동이 미온 발생기 사이의 정전기에 의해 발생하는 반발력에 의해 발생하는 경향이 있어, 지향성이 감소된다. 따라



서, 이온을 중성화하여 그것을 원자의 흐름으로 변환하는 수단 또는 집광기와 같은 지향성을 증진시키는 수단을 이온 흐름의 경로에 설치하는 것이 바람직하다. 특히, 전기 절연 기판이 상기 기판(11)으로서 사용될 때에는, 기판(11) 내부의 전하의 축적에 의해 조사과정의 진행이 불가능 하게 되는 것을 방지하기 위해, 이온을 중성화하는 수단을 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 이온 흐름의 반사와 중성 원자 흐름으로의 변환을 동시에 수행하기 위해, 상기 반사기(12)를 금속과 같은 도전체로 제조할 수도 있다.

이에 반해, ECR 이온 발생기(2)를 사용하는 상기 방법에서는, 이온 흐름을 중성화하는 수단을 채용하지 않고도 평행 흐름에 가까운 형태로 중성의 원자 흐름을 쉽게 얻을 수 있다. 따라서, 높은 입사각의 정확성을 갖는 원자 흐름으로 박막을 용이하게 조사할 수 있다. 또한, 중성 원자 흐름이 주로 박막에 입사하므로, 상기 기판(11)은, SiO<sub>2</sub> 기판과 같은 절연 기판으로 제조될 수 있다.

#### [A-5. 제 4실시에]

이하, 본 발명의 제4실시에에 따른 장치를 설명한다.

제14도는, 제4실시에에 따라 축방향으로 배향된 다결정 박막 형성장치(122)의 전체 구조를 나타낸 정단면도이다. 상기 장치(122)는, 기판 위에 소정 물질의 박막을 성장시키는 동시에 이 박막을 단축방향으로 배향된 다결정 박막으로 변환시켜, 기판 위에 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성하도록 구성된다. 이 장치(122)는, 반사기(12)가 그 내부에 제공되지 않는다는 점에서, 제13도에 도시된 장치(100)와 다른 특징이 있다.

다음에, 제14도를 참조하여, 상기 장치(122)의 동작을 설명한다. 기판(11)은 다결정 SiO<sub>2</sub> (석영)로 제조되며, 석영 기판(11) 위에 단결정 Si 박막이 형성된다고 가정한다. 반응가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)는 단결정 Si의 주요 물질인 Si를 제공하기 위한 SiH<sub>4</sub>(실란) 가스와, 기판(11)을 p-형 및 n-형 불순물로 각각 도핑하기 위한 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(디보란) 가스 및 PH<sub>3</sub>(포스핀) 가스를 공급한다. 불활성 가스 입구 파이프(7)로부터 주입되는 불활성 가스는 Si 원자보다 작은 원자량을 가지며 불활성 가스인 Ne 가스로부터 제조된다.

ECR 이온 발생기(2)의 작용에 의해 출구(9)로부터 아래로 Ne<sup>+</sup> 이온 전류와 전자 흐름이 형성된다. 상기 출구(9)와 기판(11) 사이의 거리는 Ne<sup>+</sup> 이온의 전류의 대부분을 Ne 원자 흐름으로 변환하는데 충분한 값으로 설정하는 것이 바람직하다. 반응가스 공급 파이프(13a)로부터 공급된 실란 가스는 Ne<sup>+</sup> 이온 흐름 또는 Ne 원자 흐름에 의해 상기 기판(11)과 충돌한다. 그 결과, 기판(11)의 상부 표면에서 플라즈마 CVD 반응이 진행되어, 실란 가스에 의해 공급된 Si에 의해 형성된 박막, 즉, Si 박막이 성장한다. 한편, 디보란 가스와 포스핀 가스가 적절히 조절된 유속으로 공급되어, 이 가스에 의한 플라즈마 CVD 반응 또한 진행되어, 원하는 밀도의 B(붕소) 또는 P(인)을 함유한 Si 박막을 형성할 수 있다.

상기 기판(11)은 가열되지 않으므로 거의 상온으로 유지된다. 따라서, Si 박막이 거의 상온에서 성장한다. 즉, Si 박막은 플라즈마 CVD에 의한 결정화를 촉진하는 레벨보다 높지 않은 온도에서 형성된다. 이에 따라, Si 박막은 먼저 플라즈마 CVD에 의해 아몰포스 Si 박막으로 형성된다.

상기한 아래로 향한 Ne 원자의 흐름은 기판(11)의 상부 표면에 수직으로 입사한다. 즉, 기판(11)의 상부 표면에 형성된 Si 박막이 출구(9)로부터 직선적으로 방출된 Ne 원자의 흐름으로 조사된다.

상기 ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성된 플라즈마의 에너지는, 기판(11)에 도달한 Ne 원자의 에너지가 Si 박막에 스퍼터링을 일으키지 않는 값, 즉, Ne 원자에 조사에 의한 Si의 스퍼터링에 있어서의 임계 에너지(=27eV)보다 낮은 값이 되도록 설정된다. 따라서, 소위 브라비스의 법칙이 형성된 아몰포스 Si 박막에 적용된다. 즉, 아몰포스 Si에 가해진 Ne 원자 흐름의 입사방향에 수직한 평면들이 가장 밀도가 높은 결정면, 즉, (111) 면이 되도록, 아몰포스 Si 내부의 Si 원자들이 재배열된다.

즉, 플라즈마 CVD에 의해 성장된 아몰포스 Si 박막은, 가장 밀도가 높은 한 개의 결정면에 수직한 결정축의 방향이 기판 11의 표면에 수직한 방향으로 정렬된 다결정 Si 박막, 즉, 단축으로 배향된 다결정 Si 박막으로 변환된다. 그 결과, 다결정 Si 박막이 상기 기판(11) 위에 형성되어, (111) 면이 이와 같은 다결정 구조를 형성하는 임의의 결정 입자의 표면으로 노출된다.

디보란 가스의 포스핀 가스가 반응가스 공급 파이프 13b 또는 13c에 의해 실란 가스와 동시에 공급되므로, B 또는 P를 함유하는 단축으로 배향된 n-형 또는 p-형의 다결정 Si 박막이 형성된다.

상기 장치(122)에 있어서는, 반응용기(1)의 내벽과 시료 홀더(10)의 상부 표면과 같이 중성화되기 이전에 Ne 원자의 흐름 또는 Ne 이온 흐름에 의해 조사될 수 있는 부분은, 예를 들어, 조사에 의해 스퍼터링이 일어나지 않는 재질로 만들어진다. 즉, 상기 부분은 Ne 이온 흐름이 에너지보다 높은 임계 에너지를 갖는 물질로 만들어진다. 따라서, 이들 부재들에서는 Ne 원자 흐름 또는 Ne 이온 흐름에 의해 스퍼터링이 일어나지 않으므로, 이들 부재들을 구성하는 물질의 원소로 인해 박막이 오염되는 것을 방지할 수 있다. 더욱이, 이들 부재들의 스퍼터링에 의해 손상되지 않는다.

Ne 이온 흐름의 에너지가 형성될 Si 박막의 임계 에너지보다 낮게 설정되므로, 반응용기(1), 시료 홀더(10) 등은 Ne 조사시에 Si 박막의 임계 에너지보다 높은 임계 에너지 값을 갖는 물질, 예를 들어, 상기 표 2에 나타낸 Ta, W, Pt 등과 같은 물질로 제조될 수 있다. 더구나, 반응용기(1)의 내벽과 시료 홀더(10)의 표면과 같은 이들 구성요소의 표면을 Ta와 같은 높은 임계 에너지 값을 갖는 물질로 코팅하여, 비슷한 효과를 얻을 수 있다.

상기 장치(122)의 구조와 동작을 Si 박막의 형성을 참조하여 설명하였으나, Si 이외의 물질로 이루어진 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성하는 것도 가능하다. 예를 들어, GaAs 박막을 형성할 수 있다. 이 경우에, 반응가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)로부터 공급된 반응 가스는 GaAs의 형성에 적합한 Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 등을 함유한 반응가스로부터 제조된다. GaAs가 2가지 원소로 구성된 화합물이지만, 가해지는 이온 흐름 또는 원자 흐름을 형성하는 원소는, 이들 2가지 원소 중 더 큰 원자량을 갖는 As 보다 가벼운,

Ne 또는 Ar 등의 원소로부터 제조될 수 있다. 조사 에너지는 마찬가지로 큰 원자량을 갖는 As에 관련된 임계 에너지보다 낮게 설정된다.

형성되어질 박막이 복수의 원소로 구성되는 경우에는, 가해지는 이온의 흐름 또는 원자 흐름을 형성하는 원소는 일반적으로 상기 복수의 원소중에서 최대 원자량을 갖는 원소보다 가벼운 원소로부터 제조된다. 마찬가지로, 조사 에너지는 최대 원자량을 갖는 원소에 관련된 임계 에너지보다 낮게 설정된다. 이 경우에, 장치(122)에서 이온 흐름 또는 원자 흐름에 의해 조사되는 시료 홀더(10)와 같은 부재의 표면은 박막의 물질보다 높은 임계 에너지를 갖는 물질로 제조된다.

더구나, 상기 표면은 박막과 동일한 물질로 만들어질 수 있다. 상기 장치(122)가 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성하도록 구성된 경우에는, 시료 홀더(10) 등의 표면은 Si로 코팅될 수 있다. 이 경우에, 시료 홀더(10) 등에서 스퍼터링이 일어나더라도, 다른 원소에 의해 Si 박막의 오염이 일어나지 않는다.

더욱이, 이온의 흐름 또는 원자의 흐름에 의해 조사되는 시료 홀더(10)와 같은 부재의 표면은, 가해지는 이온 흐름 또는 원자 흐름을 구성하는 것보다 무거운 원소를 함유한 물질로 제조될 수 있다. 이 경우에는, 이온의 흐름 또는 원자 흐름을 구성하는 원소는 상기 이온 흐름 또는 원자 흐름을 가한 이후에 상기 부재에 거의 침투하지 않는다. 따라서, 다른 원소의 침투에 의한 부재의 열화가 억제된다.

장치(122)에서는, 단결정 Si 박막의 성장과 동시에 단축 방향으로 배향된 다결정 박막으로의 변환이 플라즈마 CVD에 의해 순차적으로 진행된다. 따라서, 저온에서 큰 막두께를 갖는 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성할 수 있다. 저온에서 축방향으로 배향된 다결정 박막이 형성될 수 있으므로, 소자의 특성은 변경하지 않으면서도, 사전에 소정의 소자로 일체화된 기판 위에 단축 방향으로 배향된 다결정 박막을 형성할 수 있다.

상기 설명에서, 기판(11)의 시료 홀더(10) 위에 수평으로 놓여지므로, 원자의 흐름이 기판(11)에 수직으로 입사된다. 따라서, 예를 들어, 기판(11) 위에 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막이 형성되는 경우, 박막의 표면은 (111) 면으로 주어진다. 그러나, 시료 홀더(10) 위에 기판(11)을 경사지게 배치함으로써, (111) 면이 박막의 표면에 대해 경사진 임의의 방향으로 균일하게 배향된 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성하는 것도 가능하다.

상기 시료 홀더(10)는 회전장치 등에 연결되어, 기판(11)을 수평으로 회전시킬 수 있다. 더구나, 시료 홀더(10)는 수평 이동장치 등과 연결되어, 기판(11)을 수평으로 이동시킬 수 있다. 이에 따라, 기판(11) 위에 단축으로 배향된 박막을 균일하게 형성할 수 있다.

#### [A-1-4. 근거 데이터]

이하, 상기한 방법에 의해 축방향으로 배향된 다결정 박막의 형성을 확인하는 실험에 대해 설명한다. 제15도는 상기 방법에 근거하여 다결정 석영 기판 위에 형성된 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 구비한 시료에 대한 전자빔 회절 이미지를 나타낸 실험 데이터이다. 이와 같은 확인 실험에서는, 기판(11)의 표면을 Ne 원자 흐름으로 수직으로 조사하였다.

제15도에서 볼 수 있듯이, 회절 반점은 한 점에서 나타나고, 그 점주위의 원주를 따라 연속적으로 분포한다. 즉, 상기 실험의 결과는, 형성되는 Si 박막의 한 개의 (111) 면이 원자 흐름의 입사방향에 수직하게 배향되는 한편, 입사 방향 주위의 배향은 임의적으로 한 개의 방향으로 정렬되지 않는다는 것을 나타내고 있다. 즉, 시료는 단지 한 개의 결정축만이 정렬된 다결정 Si, 즉, 축방향으로 배향된 다결정 Si으로 형성되었다는 것을 확인하였다.

아몰포스 구조보다 원자 배열의 규칙성이 더 높은 다결정 구조를 갖는 기판(11) 위에 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성하는 것이 가능하므로, 아몰포스 Si 기판 등과 같이 아몰포스 구조를 갖는 기판 위에 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성하는 것도 당연히 가능하다고 결론지을 수 있다. 또한, 상기한 것과 마찬가지로, 다결정 입자를 확대하여 얻어진 구조와 동등한 단결정 구조를 갖는 기판 위에 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성할 수 있다고 결론지을 수 있다.

#### [A-6. 제5실시예]

이하, 본 발명의 제5실시예를 설명한다.

##### [A-6-1. 장치의 전체 구조]

제16도는 제5실시예에 따른 장치 120의 전체 구조를 나타낸 정단면도이다. 이 장치(120)는, 제13도에 도시된 장치(100)와 마찬가지로, 기판 위에 소정 물질의 박막을 성장시키는 동시에, 이 박막을 단결정 박막으로 변환하여, 기판 위에 단결정 박막을 형성하도록 구성된 단결정 박막 형성장치이다. 이 장치(120)는 반사기(12)의 구조에 있어서, 제13도에 도시된 장치(100)와 차이가 있다. 더욱이, 후술하는 것 같이, 장치(103)의 각 부분은 특별한 재질로 이루어진다.

반사기(12e)는 ECR 이온 발생기(2)로부터 공급된 원자의 흐름을 반사하여, 복수의 방향으로부터 원자 흐름으로 기판(11)을 조사하도록 구성된다. 따라서, 반사기(12e)는 기판(11) 위에 그리고 출구(9) 바로 아래에 위치하도록 놓여진다.

##### [A-6-2. 반사기의 구조와 기능]

제17도는 반사기(12e)의 바람직한 실시예를 나타낸 사시도이다. 제18도는 제17도에 도시된 반사기(12e)의 평면도이고, 제19도 및 제20도는 그 분해도이다. 이를 도면을 참조하여, 반사기(12e)에 대한 실시예를 설명한다.

이러한 반사기(12e)는 다이아몬드 구조를 갖는 단결정 Si와 같은 단결정을 형성하기 위한 반사기의 일례이다. 반사기(12e)는 평판형의 차폐판(151)의 중앙 부분에 정육각형의 구멍을 갖는다. 차폐판(151)의 저면에 3개의 반사 블록(153)이 상기 구멍을 둘러싸도록 고정 설치된다. 이들 반사 블록(153)은 스크류를

구멍(157)을 통해 스크류 구멍(158)에 장착함으로써 차폐판(151)에 고정된다. 그 결과, 상기 차폐판(151)의 구멍 바로 아래에 이를 반사 블록(153)에 의해 형성된 정삼각형의 구멍(154)이 형성된다.

위쪽에서 가해지는 원자 흐름은 차폐판(151)에 의해 선택적으로 차단되며, 정육각형 구멍을 통해서만 통과된다. 반사 블록(153)에 있어서, 구멍(154)에 대항하는 경사면(155)은 가스 빔을 반사하는 반사면으로서의 기능을 수행한다. 제18도의 평면도에 도시된 것 같이, 3개의 경사면(155)은 각각 차폐판(151)의 정육각형 구멍에 선택적으로 노출된다. 따라서, 위쪽에서 가해지는 원자 흐름은, 구멍(154)을 통과하여 기판(11)에 수직으로 직접입사하는 제1성분과, 3개의 경사면(155)에 의해 각각 반사되어 기판(11)에 경사진 방향으로 입사하는 제2 내지 제4성분의 총 4개의 성분으로 나뉘어진다.

제18도에 도시된 것 같이, 정삼각형 구멍(154)의 3개의 꼭지점 각각은, 위에서 볼 때, 정육각형 구멍의 하나씩 건너의 꼭지점에 대응한다. 즉, 3개의 경사면(155)은 정육각형 구멍의 인접한 한쌍의 변을 이등변으로 갖는 3개의 이등변 삼각형에 선택적으로 노출된다. 이것은, 복수의 경사면(155)에 의한 다중 반사를 방지하는 한편, 각각의 원자흐름의 성분으로 기판(11)의 균일한 조사를 가능하게 한다. 이것은 제21도 및 제22도를 참조하여 설명한다.

제21도는, 제18도와 유사한 반사기(12e)의 평면도이다. 제22도는 제21도의 A-A 선에 따른 단면도이다. 제21도 및 제22도에 도시된 것 같이, 이등변 삼각형의 꼭지점에 대응하는 한 개의 경사면(155) 상의 위치에 입사한 원자 흐름(도면의 B)은 반사된 후, 정삼각형 구멍(154)의 반대쪽 꼭지점(도면의 C)에 입사한다. 점 D가 구멍(154)가 한변과 A-A 선 사이의 교점을 나타낸다고 가정하면, 경사면(155) 상에 점 B와 점 D에 걸쳐 가해진 원자흐름은 구멍(154)의 점 B와 점 D에 걸쳐 균일하게 분포된다.

이것은, A-A 선에서 평행하게 벗어난 임의의 선 E-E 상에 가해지는 원자 흐름에도 적용된다. 즉, 출구(9)로부터 방출된 원자 흐름이 차폐판(151)에 의해 경사면(155)에 선택적으로 공급되므로, 반사된 3가지 성분의 원자 흐름은 구멍(154) 바로 아래에 위치한 기판(11) 영역에 균일하게 입사한다.

정육각형 구멍(154)을 통해 한 개의 경사면(155)에 공급하는 원자 흐름 각각은 그 전부가 구멍(154)에 입사되며, 인접한 경사면(155)에는 입사되지 않는다. 따라서, 복수의 경사면(155)에 의해 다중 반사된 어떠한 성분도 기판(11)에 입사하지 않게 된다.

각 경사면(155)의 경사각은, 예를 들어, 제22도에 도시된 것 같이,  $55^\circ$ 로 설정된다. 각 경사면(155)에 의해 반사된 원자 흐름은 구멍(154) 바로 아래에 위치한 기판(11) 위에  $70^\circ$ 의 입사각으로 입사한다. 즉, 제1성분은 기판(11)에 수직으로 입사하는 반면, 제2 내지 제4성분은 기판에  $70^\circ$ 의 입사각으로 제1성분의 입사방향에 대해 3중 대칭인 방향으로 입사한다. 이때, 제1 내지 제4성분의 입사방향은 Si 단결정의 가장 밀도가 높은 평면인 4개의 (111) 면에 수직인 4개의 방향에 해당한다.

#### [A-6-3. 장치의 동작]

다시 제16도를 참조하여, 장치(120)의 동작을 설명한다. 반사기(12e)는 제17도 내지 제20도에 도시된 것으로 형성되고, 기판(11)은 단결정 Si (석영)로 제조되며 석영 기판(11) 위에 단결정 Si 박막이 형성되는 것으로 가정한다. 또한, 반사기(12e)의 경사면(155)은  $55^\circ$ 의 경사각으로 설정된 것으로 가정한다.

반응가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)는 단결정 Si의 주요 물질인 Si를 제공하기 위한  $\text{SiH}_4$ (실란) 가스와, 기판(11)을 p-형 및 n-형 불순물로 각각 도핑하기 위한  $\text{B}_2\text{H}_6$ (디보란) 가스 및  $\text{PH}_3$ (포스핀) 가스를 공급한다. 불활성 가스 입구 파이프(7)로부터 주입되는 불활성 가스는 Si 원자보다 작은 원자량을 갖는 Ne 가스로부터 제조하는 것이 바람직하다.

ECR 이온 발생기(2)의 작용에 의해, 출구(9)로부터 아래로  $\text{Ne}^+$  이온 전류와 전자 흐름이 형성된다. 출구(9)와 반사기(12e) 사이의 거리는  $\text{Ne}^+$  이온의 전류의 대부분을 Ne 원자의 흐름으로 변환하는데 충분한 값으로 설정하는 것이 바람직하다.

따라서, 제13도에 도시된 장치(122)와 마찬가지로, 기판(11)의 상부 표면에서 플라즈마 CVD 반응이 진행되며, 아몰포스 Si 박막이 성장된다. 한편, 디보란 가스와 포스핀 가스가 적절히 조절된 유속으로 공급되며, 이 가스에 의한 플라즈마 CVD 반응 또한 진행되어 원하는 밀도도 B(붕소) 또는 P(인)을 함유하는 Si 박막이 형성된다.

이와 동시에, 기판(11)에 형성되는 아몰포스 Si 박막이 반사기(12e)의 작용에 의해 4개의 성분의 Ne 원자 흐름으로 조사된다. 상기한 바와 같이, 이들 4개의 성분의 입사방향은 Si 단결정의 4개의 (111) 면에 수직인 방향에 해당한다. 더욱이, 상기 장치(122)에서와 마찬가지로, ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성된 플라즈마의 에너지는, 기판(11)에 도달하는 Ne 원자의 에너지가 Si 박막의 스퍼터링을 일으키지 않는 에너지 값, 즉, Ne 원자의 조사에 의한 Si의 스퍼터링시의 임계 에너지( $\approx 27\text{eV}$ )보다 낮은 값이 되도록 설정된다. 이에 따라, 플라즈마 CVD에 의해 형성된 아몰포스 Si 박막이, 장치(100)에서와 같이, 정렬된 결정 배향을 갖는 단결정 Si 박막으로 변환된다. 이 결과, 정렬된 결정배향을 가지는 단결정 Si 박막이 기판(11) 위에 최종적으로 형성된다. 이 단결정 Si 박막은 그 표면에 (111) 면을 갖는다.

상기 장치(120)에 있어서는, 반사기(12e)의 채용으로, 복수의 경사면(155)에 의한 원자 흐름의 다중반사가 일어나지 않는다. 따라서, 기판(11)은 소정의 4개의 방향 이외의 방향으로부터는 어떠한 원자 흐름으로도 조사되지 않는다. 더욱이, 반사기(12e)는 원자 흐름으로 기판(11)의 균일한 조사를 실현할 수 있으므로, 기판(11)의 소정의 4개의 방향으로부터의 원자 흐름으로 균일하게 조사된다. 이에 따라, 단결정 Si 박막이 기판(11) 위에 균일하게 형성된다.

상기 장치(120)에 있어서는, 반사기(12e), 반응 용기(1)의 내벽과 시료 홀더(10)와 같이 중성화가 이루어지기 이전에 Ne 원자의 흐름 또는 Ne 이온 흐름에 의해 조사될 수 있는 부분은 조사에 의해 스퍼터링이 일어나지 않는 물질, 즉, 예를 들어, 상기 표 2에 나타난 Ta, W, Pt 등과 같이 Ne 이온흐름의 에너지보다 높은 임계 에너지 값을 갖는 물질로 만들어진다. 이에 따라, 이들 부재를 내부에서는 Ne 원자의 흐



를 또는 ne 이온 흐름에 의해 스퍼터링이 일어나지 않으므로, 박막이 이들 부재들을 구성하는 물질의 원소로 오염되는 것을 방지할 수 있다.

더구나, 차폐판(151)의 상부 표면과 경사면(155)과 같이 Ne 원자의 흐름에 의해 조사되는 부재의 표면을 높은 임계 에너지 값을 갖는 Ta와 같은 물질로 코팅하여, 비슷한 효과를 얻을 수 있다.

비록, 상기 장치(120)의 구조와 동작을 Si 박막의 형성을 참조하여 설명하였지만, Si 이외의 물질로 이루어진 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성하는 것도 가능하다. 예를 들어, GaAs 박막을 형성할 수 있다. 또한, 경사각과 경사면(155)의 개수와 같이 반사기(12e)의 구조를 적절히 변화시킴으로써, 원하는 결정 구조와 원하는 결정배향을 갖는 임의 물질의 단결정 박막을 형성할 수도 있다. 상기 반사기(12e) 등의 표면은 박막의 임계 에너지보다 높은 임계 에너지를 갖는 물질로 만들어진다.

더구나, 반사기(12e) 등의 표면이 박막과 동일한 물질로 제조될 수 있다. 예를 들어, 장치(120)가 단결정 Si 박막을 형성하는 장치로서 구성된 경우에는, 반사기(12e) 등의 표면은 Si로 코팅될 수 있다. 이 경우에, 반사기(12e) 등에서 스퍼터링이 일어나더라도 다른 원소에 의한 Si 박막의 오염은 일어나지 않는다.

더욱이, 반사기(12e) 등의 표면은 가해지는 이온의 흐름 또는 원자 흐름을 구성하는 원소보다 무거운 원소를 함유한 물질로 제조될 수 있다. 이에 따라, 이온 흐름 또는 원자 흐름에 의한 조사가 이루어진 후에 상기 이온의 흐름 또는 원자의 흐름을 구성하는 원소는 상기 부재 내부로 거의 침투하지 않는다. 따라서, 이들 부재는 다른 원소의 침투에 의해 일어나는 열화가 억제된다.

#### [A-7. 제6실시예]

이하, 본 발명의 제6실시예에 따른 장치를 설명한다. 제23도는 본 발명의 실시예에 따른 장치(121)의 전체 구조를 나타낸 정단면도이다.

이 장치(121)는, 제4도에 도시된 장치(101)와 유사하게, 기판 위에 다결정 구조 또는 아몰포스 구조를 갖는 소정 물질의 박막을 사전에 성장시킨 후, 이 박막을 단결정 박막으로 변환하여, 기판 위에 단결정 박막을 형성하도록 구성된 단결정 박막형성 장치이다.

이 장치(121)는 반사기(12e)의 구조에 있어서 상기 장치(101)와 차이점이 있다. 더욱이, 후술하는 것 같이, 장치(121)의 각 부분은 특별한 재질로 구성된다. 히터(미도시)를 구비한 시료 홀더(10)는 기판(11)을 가열하여 그것을 적절한 고온으로 유지한다.

제23도를 참조하여, 상기 장치(121)의 기본 동작을 설명한다. 상기 반사기(12e)는 제17 내지 제20도에 도시된 것으로 구현되고, 기판(11)은 다결정 석영기판으로 제조되어 단결정 Si 박막이 석영 기판(11) 위에 형성되는 것으로 가정한다. 또한, 다결정 Si 박막이 사전에 CVD와 같이 공지된 방법에 의해 석영 기판(11) 위에 형성된 것으로 가정한다.

먼저, 시료를 시료 홀더(10)와 반사기(12e) 사이에 장착한다. 시료 홀더(10)에 설치된 히터는 기판(11)을 550°C의 온도로 유지한다. 이 온도는 실리콘의 결정화 온도보다 낮으므로, 이 온도에서는 일단 형성된 단결정 Si는 다결정 Si로 되돌아가지 않는다. 이와 동시에, 이 온도는 충분히 높아, 다결정 Si이 시드 결정의 핵으로부터 단결정 Si으로 성장할 수 있다.

상기 제4실시예와 관련하여 설명한 것과 동일한 이유로, Ne 원자 흐름이 기판(11)에 가해지는 원자 흐름으로 선택되며, ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성된 ne 플라즈마의 에너지는 기판(11)에 도달하는 Ne 원자의 에너지가 Si의 스퍼터링시의 임계 에너지보다 낮게 되도록 설정된다. 또한, 기판(11) 위에 형성된 다결정 Si 박막은 반사기(12e)의 작용에 의해 Ne 원자 흐름의 4개의 성분으로 조사된다. 이들 4개의 성분의 입사방향은 Si 단결정의 4개의 (111)면에 수직인 방향에 해당한다.

이에 따라, 상기 장치(101)와 마찬가지로 다결정 Si 박막의 전체 영역이 단결정 Si 층으로 변환된다. 따라서, 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 층이 석영 기판(11) 위에 형성된다.

장치(121)에 있어서는, 반사기 12e의 채용으로, 복수의 경사면(155)에 의한 어떠한 원자 흐름의 다중반사도 일어나지 않는다. 따라서 상기 기판(11)은 소정의 4개의 방향 이외의 방향으로부터 어떠한 원자 흐름으로도 조사되지 않는다. 더욱이, 반사기(12e)는 원자 흐름으로 기판(11)에 대한 균일한 조사를 실현하므로, 기판(11)은 소정의 4개의 방향으로부터의 원자 흐름으로 균일하게 조사된다. 이에 따라, 단결정 Si 박막이 기판(11) 위에 균일하게 형성된다.

상기 장치(120)에서와 마찬가지로, 장치(121)에서도, 반사기(12e0, 반응 용기(1)의 내벽과 시료 홀더(10)와 같이 중성화가 이루어지기 이전의 Ne 원자의 흐름 또는 Ne 이온 흐름으로 조사될 수 있는 부분은, 예를 들어, 상기 표 2에 나타낸 Ta, W, Pt 등과 같이 조사에 의해 스퍼터링이 일어나지 않는 물질로 만들어진다. 이에 따라, 이들 부재들에서는 Ne 원자의 흐름 또는 Ne 이온 흐름에 의해 스퍼터링이 일어나지 않으므로, 박막이 이들 부재들을 구성하는 물질의 원소로 오염되는 것을 방지할 수 있다.

비록, 상기 장치(121)의 구조와 동작을 Si 박막의 형성을 참조하여 설명하였지만, 상기 장치(121)로 Si 이외의 물질의 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성하는 것도 가능하다. 예를 들어, GaAs 박막을 형성할 수 있다. 또한, 이 경우에, 반사기(12e) 등의 표면을 박막의 물질보다 높은 임계 에너지를 갖는 물질로 만들어진다. 더구나, 상기 장치(120)와 마찬가지로, 반사기(12e) 등의 표면은 박막과 동일한 물질로 만들어질 수 있다. 더욱이, 상기 장치(120)와, 마찬가지로, 반사기(12e) 등의 표면은 가해지는 이온의 흐름 또는 원자의 흐름을 구성하는 원소보다 무거운 원소를 함유한 물질로 만들어질 수 있다.

#### [A-8. 제7실시예]

이하, 본 발명의 제7실시예에 따른 장치를 설명한다. 제24도는 본 실시예에 따른 장치(123)의 전체 구조를 나타낸 정단면도이다. 이 장치(123)는, 사전에 기판 위에 다결정 구조 또는 아몰포스 구조를 갖는 소정 물질의 박막을 성장시킨 후, 이 박막을 축방향으로 배향된 다결정 박막으로 변환하여, 기판 위에



축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성하도록 구성된 축방향으로 배향된 다결정 박막형성 장치이다.

제24도에 도시된 것 같이, 이 장치(123)는 반사기(12e)가 장치(121)(제23도)에서 제거된 구조를 갖는다. 상기 장치(121)에서와 마찬가지로, 시료 홀더(10)는 기판(11)을 가열하여 그것을 적절한 고온으로 유지하는 히터(미도시)를 구비한다.

제24도를 참조하여, 장치(123)의 기본 동작을 설명한다. 기판(11)이 다결정 석영 기판으로 제조되어, 석영 기판(11)에 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막이 형성되는 것으로 가정한다. 또한, 다결정 Si 박막은 사전에 CVD와 같이 공지된 방법에 의해 석영 기판(11) 위에 형성되는 것으로 가정한다. 이러한 다결정 Si 박막은 각각의 결정 입자가 임의의 방향으로 배향된 통상적인 다결정 구조를 갖는다.

먼저, 기판(11)을 시료 홀더(10) 위에 장착한다. 시료 홀더(10) 내부에 설치된 히터는 기판(11)을 550°C의 온도로 유지한다. 이 온도는 실리콘의 결정화 온도보다 낮으므로, 이 온도에서는 일단 형성된 단결정 Si이 다결정 Si로 되돌아가지 않는다. 이와 동시에, 이 온도는 충분히 높아, 다결정 Si이 시드 결정의 핵으로부터 단결정 Si으로 성장할 수 있다.

출구(9)를 통과한 이온 흐름은 원자 흐름으로 변환되어, 기판(11)의 표면에 수직으로 입사한다. 상기 제7실시예와 관련하여 설명한 것과 동일한 이유로, Ne 원자의 흐름이 기판(11)에 가해지는 원자 흐름으로 선택되며, ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성된 Ne 플라스마의 에너지는 기판(11)에 도달하는 Ne 원자의 에너지가 Si의 스퍼터링시의 임계 에너지보다 낮도록 설정된다.

따라서, 브라비스의 법칙이 다결정 Si 박막 표면에 인접한 부분에 적용되어, Si 원자들이 다결정 Si 박막의 표면에 인접한 부분에 재배치됨으로써, 다결정 Si 박막에 가해지는 Ne 원자 흐름의 입사방향에 수직인 표면이 가장 밀도가 높은 결정면을 형성한다. 즉, 다결정 Si 박막의 표면에 인접한 층은, (111)면이 표면과 따라 존재하도록 그것의 단축 방향이 조절된 축방향으로 배향된 다결정 Si 층으로 변환된다.

다결정 Si 박막의 온도는, 상기한 것과 같이, 550°C로, 즉, 시드 결정을 성장하는데 적합한 범위로 조절된다. 이에 따라, 통상적인 다결정 Si 박막의 표면에 형성되는 축방향으로 배향된 다결정 Si 층이 시드 결정으로 작용하여, 축방향으로 배향된 다결정 Si 층이 상기 통상적인 다결정 Si 박막의 상부를 향해 성장되도록 한다. 그 후, 다결정 Si 박막의 전체 영역이 축방향으로 배향된 다결정 Si 층으로 변환된다. 이에 따라, (111)면이 그것의 표면과 평행하게 배향되는 축방향으로 배향된 다결정 Si 층이 석영 기판(11) 위에 형성된다.

더구나, 통상적인 다결정 Si 박막 대신에 기판(11) 상에 아몰포스 Si 박막을 사전에 형성된 후에 상기 장치(123)로 처리하여, 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성할 수 있다.

또한, 상기 장치(123)에서도, 장치(123)와 마찬가지로, 적어도 반응 용기(1)의 내벽과 시료 홀더(10)의 표면과 같이 중성화가 이루어지기 이전의 Ne 원자의 흐름 또는 Ne 이온 흐름으로 조사될 수 있는 부분은, 예를 들어, 상기 표 2에 도시된 Ta, W, Pt 등과 같이 조사에 의해 스퍼터링이 일어나지 않는 물질로 만들어진다. 따라서, 이들 부재들에서는 Ne 원자의 흐름 또는 Ne 이온 흐름에 의해 스퍼터링이 일어나지 않으므로, 박막이 이들 부재들을 구성하는 물질의 원소로 오염되는 것을 방지할 수 있다.

비록, 상기 장치(123)의 구조와 동작을 Si 박막의 형성을 참조하여 설명하였지만, 상기 장치(123)에 의해 Si 이외의 물질의 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성하는 것도 가능하다. 예를 들어, GaAs 박막을 형성할 수 있다. 또한, 이 경우에, 시료 홀더(10) 등의 표면은 박막의 물질보다 높은 임계 에너지를 갖는 물질로 만들어진다. 더욱이, 상기 장치(122)에서와 마찬가지로, 시료 홀더(10) 등의 표면은 박막과 동일한 물질로 만들어질 수 있다. 또한, 시료 홀더(10) 등의 표면은 가해지는 이온의 흐름 또는 원자의 흐름을 구성하는 원소보다 무거운 원소를 함유하는 물질로 만들어질 수 있다.

#### [A-9. 제8실시예]

이하, 본 발명의 제8실시예를 설명한다. 본 실시예에 따른 방법은, 기판(11) 위에 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성한 후, 복수의 방향에서 원자 흐름으로 박막을 조사하여 상기 박막을 단결정 박막으로 변환하여, 기판(11) 위에 단결정 박막을 형성하도록 구성된다.

이를 위해, 상기 제4실시예에 따른 장치(122)를 사용하여 기판(11)위에 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성한 후, 이 박막을, 예를 들어, 제7실시예에 따른 장치(121)를 사용하여 단결정 박막으로 변환한다.

그 대신에, 제8실시예에 따른 장치(120)를 사용하여 반사기(12e)를 제거한 채, 반응 가스의 공급과 원자 흐름의 조사를 실행하여 먼저 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성한 후, 상기 장치(120)에 반사기(12e)를 다시 장착하고 기판(11)을 가열하면서 원자 흐름을 가하여, 박막을 단결정 박막으로 변환함으로써, 기판(11) 위에 단결정 박막을 형성할 수 있다.

더구나, 기판(11) 위에 CVD 등과 같은 방법에 의해 먼저 아몰포스 구조 또는 통상적인 다결정 구조를 갖는 박막을 형성한 후, 장치(123)를 사용하여 상기 박막을 축방향으로 배향된 다결정 박막을 변환한 다음, 이 박막을 다시 상기 장치(121)를 사용하여 단결정 박막으로 변환함으로써, 기판(11) 위에 단결정 박막을 형성할 수 있다.

따라서, 본 실시예에 따른 방법에서는, 먼저 축방향으로 배향된 다결정 박막을 형성한 후, 기판(11) 상에 단결정 박막을 형성한다. 이에 따라, 기판(11) 위에 단결정 박막을 형성하기 어려운 부분이 존재하더라도, 그 부분에 단결정 박막의 특성에 가까운 특성을 갖는 축방향으로 배향된 다결정 박막이 설치되므로, 박막의 기계적, 전기적 특성이 현저하게 열화되지 않는다. 즉, 단결정 박막을 형성하는 단계를 정확히 수행하지 않고도, 적당히 우수한 특성을 갖는 박막을 얻는 것이 가능하다.

이것은 특히, 기판(11)이 평판형이 아닌 입방체이거나, 기판(11)의 표면에 두께를 갖는 스크린이 형성되어, 기판(11)의 소정 영역을 복수의 방향에서 원자 흐름으로 균일하게 조사하는 것이 어려울 때 효과적이다. 제25도 내지 제27도는 이러한 예를 나타낸 도면이다.

제25도는, 입방체의 형태를 갖는 기판(11)과 그 위에 미리 형성된 축방향으로 배향된 다결정 박막(171)을 구비한 시료(170)의 표면이 2가지 방향으로부터 Ne 원자의 흐름으로 조사되는 상태를 개략적으로 나타낸 단면도이다. 제25도에 도시된 것 같이, 시료(170)가 입방체의 형태를 가지므로, 시료(170) 그 자체가 원자의 흐름에 대해 차폐물로 작용한다. 그 결과, 축방향으로 배향된 다결정 박막(171)의 특정 영역은 하나의 방향에서만 Ne 원자 흐름으로 조사되고, 2 방향으로부터의 조사가 실현되지 않는다.

제26도 및 제27도는 박막 반도체 집적회로의 제조공정에서 마스크 부재(172)를 사용하여 기판(11) 위에 단결정 Si 박막을 선택적으로 형성하는 단계를 개략적으로 나타낸 단면도이다. 아몰포스 또는 통상적인 단결정 Si 박막(174)가 사전에 기판(11) 위에 CVD 등의 방법에 의해 형성된다. 그 후, 장치(123)를 사용하여 SiO<sub>2</sub> 등으로 만들어진 마스크 부재(172)의 구멍을 통해 Ne 원자의 흐름으로 Si 박막(174)의 상부 표면에 수직으로 조사하여, 마스크 부재(172)의 구멍 아래에 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막(171)을 선택적으로 형성한다(제26도).

다음에, 장치(121)를 사용하여 마스크 부재(172)의 구멍을 통해 복수의 방향으로부터 Ne 원자의 흐름을 Si 박막(174)의 상부 표면에 수직으로 조사하여, 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막(171)을 단결정 Si 박막으로 변환한다(제27도). 이때, 상기 마스크 부재(172)는 일정한 두께를 가지고 있기 때문에, 마스크 부재(172)의 구멍의 모서리에 근접한 부분은 복수의 방향으로부터 Ne 원자의 흐름으로 충분히 조사되지 않는다. 이에 따라, 마스크 부재(172)의 구멍의 모서리에 근접한 부분에는 단결정 Si 박막이 형성되기 어렵다.

그러나, 단결정 Si 박막이 형성되지 않더라도, 이 부분에는 최소한 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막이 제공되므로, 캐리어 이동도와 같은 전기적 특성의 열화를 최소화할 수 있다.

본 실시예에 따른 방법에서는, 단결정 박막으로의 변환을 수행하기 위해 가해지는 원자 흐름의 복수의 입사방향 중에서 한 개는, 사전에 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 형성하기 위해 가해지는 원자 흐름의 입사방향과 일치하도록 하는 것이 바람직하다. 이 경우에, 단결정 박막으로의 변환이 축방향으로 배향된 다결정 Si 박막 내부의 공통된 단축방향을 변경하지 않고 수행되므로, 단결정 박막으로의 변환단계를 단시간에 원활하게 진행할 수 있다.

#### [A-10. 제9실시예]

이하, 본 발명의 제9실시예를 설명한다.

##### [A-10-1. 장치의 구조]

제28도는, 본 실시예에 따른 장치(124)의 전체 구조를 나타낸 정단면도이다. 상기 장치(124)는 사전에 기판(11) 위에 미리 형성된 아몰포스, 다결정 또는 축방향으로 배향된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환하여, 기판(11) 위에 단결정 박막을 형성하도록 구성된 장치이다.

상기 장치(124)는 반사기(12e) 대신에 반사 유닛(160)이 설치된다는 점에서 상기 장치(121)와 다르다. 특징이 있다. 복수의 원자 흐름 성분을 생성하여 소정의 복수의 입사각으로 기판(11) 위에 입사하도록 구성된 반사 유닛(160)은 시료 홀더(10) 위에 설치되어 기판(11) 위에 위치한다. 시료 홀더(10)는 기판(11)을 가열하여 그것을 적절한 고온으로 유지하는 히터(미도시)를 구비한다.

##### [A-10-2. 반사 유닛의 구조와 동작]

다음에, 상기한 반사 유닛(160)의 구조와 동작을 설명한다. 제29도 및 제30도는 각각 반사 유닛(160)의 구조를 나타낸 정단면도 및 횡단면도이다. 제29도 및 제30도에 도시된 반사 유닛(160)은 단결정 Si 와 같은 다이아몬드 구조를 갖는 단결정을 형성하도록 구성된다. 반사 유닛(160)은 ECR 이온 발생기(2)의 이온 출구(9) 바로 아래에, 즉, ECR 이온 발생기(2)에 의해 발생되어 아래로 향한 원자 흐름의 하류 부분에 배치된다.

반사 유닛(160)의 상부에는 ECR 이온 발생기(2)에서 공급된 원자흐름을 선택적으로 차단하는 차폐판(164)이 수평 설치된다. 반사 유닛(160)은, 출구(9)와 차폐판(164) 사이의 거리가 ECR 이온 발생기(2)로부터 발생한 이온 흐름이 중성 원자의 흐름으로 변환하는데 충분한 거리, 예를 들어, 최소 14 cm 되도록 장착된다. 즉, 거의 중성인 원자의 흐름이 차폐판(164)에 도달한다. ECR 이온 발생기(2)로부터의 원자 흐름의 중심축에 대해 4중의 회전 대칭으로 놓인 구멍(162)이 차폐판(164)에 형성된다. ECR 이온 발생기(2)로부터의 원자 흐름은 구멍(162)을 통해서만 통과되어 아래로 흘러간다.

이 차폐판(164)의 바로 아래에는 반사 블록(166)이 설치된다. 상기 반사 블록(166)은 그것의 대칭축이 원자 흐름의 중심축과 일치하는 4중 회전대칭의 원추 형태를 갖고, 원추의 4면은 각각 4개의 구멍(162)의 바로 아래에 배치된다. 이들 측면은 평면일 필요는 없으며, 일반적인 형태로 만곡될 수 있다. 이들 4개의 측면은 원자의 흐름을 반사하는 반사면으로서의 역할을 한다. 즉, 구멍(162)을 통과한 원자의 흐름은 반사 블록(166)의 4개의 측면에 의해 반사되며, 중심축으로부터 떨어진 방향을 향해 진행하는 4가지 원자 흐름 성분이 얻어진다.

이들 4가지 원자 흐름 성분은 빔의 단면이 2차원적으로(평면적으로) 확대되는 발산 빔이다. 이들 4가지 성분은 교정부재(교정수단)(168)을 통과함으로써, 진행방향이 원하는 방향으로 정확하게 정렬되며, 4개의 반사기(169)에 각각 입사한다.

반사 블록 166의 옆 표면으로부터 반사판 169를 향해 원자 흐름의 성분의 방향이 방사상으로 정렬되도록 하는 교정 부재 168은, 잘 알려진 방법으로 만들어질 수 있다. 원자 흐름성분의 방향을 반사 블록(166)으로부터 반사판(169)을 향하게 정렬시키도록 구성된 상기 교정부재(168)는 공지된 기술을 사용하여 제조된다.

이들 4개의 반사기(169)는 조사 타겟인 기판(11) 주위에, 상기 반사블록(166)의 대칭축에 4중의 회전 대칭이 이루어지도록 배치된다. 제30도는 한 개의 반사기(169)만을 개략적으로 나타낸 것이다. 또한, 제30도는 한 개의 반사기(169)의 상부 1/2 부분에 입사하여 그것에 의해 반사된 한가지의 원자 흐름 만

을 나타낸 것이다. 각각의 반사기(169)에 입사한 원자 흐름 성분은 그것의 반사면에 의해 다시 반사된다. 각각의 반사기(169)의 반사면은 적절한 오목면의 형태를 갖는다. 이에 따라, 발산하는 원자 흐름 성분은 상기 반사면에 의해 반사되어, 그 결과 적절히 집광되어, 기판(11)의 전체 상부 표면에 균일하게 가해지는 평행 빔을 형성한다. 더욱이, 상기 평행 빔은 4개의 방향에서, 예를 들어, 55°의 입사각으로 기판(11)의 상부 표면에 입사한다.

#### [A-10-3. 장치(124)의 동작]

제28도를 참조하여, 상기 장치(124)의 동작을 설명한다. 기판(11)은 아몰포스 또는 다결정 SiO<sub>2</sub> (석영) 기판으로 제조되어, 석영 기판(11) 위에 (축방향으로 배향된 다결정 Si 박막을 포함하는) 단결정 Si 박막이 형성된다고 가정한다. 먼저, 다결정 Si 박막이, 예를 들어 CVD(화학기상증착)에 의해 석영 기판(11) 위에 형성된다.

첫째로, 기판(11)이 시료 홀더(10)와 반사 유니트(160) 사이에 장착된다. 시료 홀더는 10) 내부에 설치된 히터는, 시료, 즉, 기판(11)과 다결정 Si 박막을 550°C의 온도로 유지한다. 상기 장치(121)와 마찬가지로, 불활성 가스 입구 파이프(7)로부터 주입되는 불활성 가스는 나 원자보다 작은 원자량을 갖는 Ne 가스로부터 제조하는 것이 바람직하다.

ECR 이온 발생기(2)의 작용에 의해, Ne 원자의 흐름이 반사 유니트(160)에 공급되어, 4개의 방향에서, 예를 들어, 55°의 입사각으로 기판(11)의 전체 상부 표면에 입사한다. 이때, 4가지 Ne 원자 흐름 성분의 입사방향은 형성될 Si 단결정의 4개의 독립적인 가장 밀도가 높은 결정면, 즉, (11)면에 수직인 4가지 방향에 대응한다. 상기 장치(121)에서와 마찬가지로, ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성되는 Ne 플라즈마의 에너지는, 기판(11)에 도달하는 Ne 원자의 에너지가 Ne 원자의 조사에 의한 Si의 스퍼터링시의 임계 에너지보다 낮게 되도록 설정된다.

이에 따라, 브라비스의 법칙이 상기 다결정 Si 박막에 적용되어, 다결정 Si 박막의 표면에 인접한 부분의 Si 원자들이, 다결정 Si 박막에 가해진 Ne 원자 흐름의 입사방향에 수직인 표면이 가장 밀도가 높은 결정면을 이루도록 재배치된다. 즉, 다결정 Si 박막에 인접한 층이 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 층으로 변환된다.

상기한 것 같이, 다결정 Si 박막이 온도는 550°C, 즉, 시드 결정 성장을 성장하는데 적합한 범위로 조절된다. 이에 따라, 다결정 Si 박막 위에 형성된 단결정 Si 층이 시드 결정으로 작용하여, 단결정 Si 층을 다결정 Si 박막의 심부를 향해 성장되도록 한다. 일정한 시간이 경과한 후에, 다결정 Si 박막의 전체 영역이 단결정 Si 층으로 변환된다. 따라서, 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 층이 석영 기판(11) 위에 형성된다. 형성된 단결정 Si 층은 (100)면이 그것의 표면에 나란하도록 배향된다.

제29도에 도시한 55°C의 입사각은 물론 단지 하나의 예일 뿐으로, 반사기 (169)의 형상과 방향을 적절히 변화시킴으로써, 원하는 단결정 박막의 결정구조에 따라 결정되는 임의의 입사 각도로 기판(11)에 평행 빔을 도입하는 것도 가능하다. 상기 발산 빔은 반사 블록(166)에 의해 발생되므로, 기판(11)의 폭에 따라 반사기(169)와 반사 블록(166)의 대칭축 사이의 거리를 적절히 조절함으로써, 평행 빔으로 대면적의 기판(11)을 균일하게 조사하는 것도 가능하다.

따라서, 상기 장치(124)에 따르면, ECR 이온 발생기(2)로부터 공급되는 각 빔의 단면보다 훨씬 더 큰 면적을 갖는 기판(11)의 전체 표면을 원하는 입사각의 원자 흐름 성분으로 균일하게 조사할 수 있다. 즉, 대면적을 갖는 기판(11) 위에 희망하는 단결정 박막을 균일하고도 효율적으로 형성하는 것이 가능하다.

또한, 상기 차폐판(164)에 형성된 4개의 구멍(162)의 면적을 개별적으로 조절함으로써, 구멍(162)을 통과하는 4가지 빔 성분의 양을 독립적으로 조절하는 것이 가능하다. 이에 따라, 복수의 방향에서 기판(11)의 상부 표면에 가해지는 4가지 빔 성분 각각의 양을 최적으로 설정할 수 있다. 예를 들어, 4가지 빔 성분의 양을 균일하게 조절할 수 있다. 이에 따라, 고품질의 단결정 박막이 효율적으로 형성될 수 있다.

상기 장치(121)와 마찬가지로, 원자 흐름 성분에 의해 조사되는 반사 블록 (168), 교정부재(1680 및 반사기(169)와 같은 반사 유니트(160)의 부재 각각의 적어도 표면은, 스퍼터링시에 형성될 박막보다 높은 임계 에너지를 갖는 Ta, W, Pt 등과 같은 물질로 만들어진다. 선택적으로, 상기 장치(121)에 서와 마찬가지로, 반사 유니트 (160)의 부재 각각의 표면은 박막과 동일한 물질로 만들어질 수 있다. 또한, 반사 유니트(160)의 부재 각각의 표면은 가해지는 이온 흐름 또는 원자 흐름을 구성하는 원소보다 무거운 원소를 함유하는 물질로 만들어질 수 있다.

#### [A-11. 제10실시예]

이하, 본 발명의 제10실시예에 따른 장치를 설명한다. 제31도는 이 실시예에 따른 빔 조사장치의 전체 구조를 나타낸 정단면도이다. 이 장치(125)는 기판(11) 위에 다결정 박막을 성장하는 동시에, 이것을 원자 흐름으로 조사하여, 성장된 다결정 박막을 연속적으로 단결정 박막으로 변환하도록 구성된다.

이를 위하여, 상기 장치(120)와 마찬가지로, 장치(125)에 있어서 반응 챔버 (8)는 반응 가스 공급 파이프(13)와 연통된다. 반응 가스는 반응 가스 공급 파이프 (13)를 통해 공급되며, 플라즈마 CVD에 의해 소정 물질의 박막을 기판(11) 위에 형성한다. 제31도에 도시된 실시예에서는 3개의 반응가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)가 설치된다. 이 장치(125)의 다른 구조상 특징부는 상기 장치(124)의 그것과 유사하다.

장치 125의 동작은 다음과 같다 : 상기 제6실시예에서와 유사하게, 기판(11)은 다결정 SiO<sub>2</sub> (석영)으로 제조되어 석영 기판(11) 위에 단결정 Si 박막이 형성된다고 가정한다. 반응가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)는, 단결정 Si의 주요 물질인 Si를 제공하기 위한 SiH<sub>4</sub>(실란)가스와, 기판(11)을 p-형 및 n-형 불순물로 각각 도핑하기 위한 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(디보란) 가스 및 PH<sub>3</sub>(포스핀) 가스를 공급한다. 불활성 가스 입구 파이프(7)로부터 Ne 가스가 플라즈마 챔버(4) 내부로 주입된다.



상기 반응가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)로부터 공급된 반응가스와, ECR 이온발생기(2)에 의해 발생된 Ne<sup>+</sup> 이온 흐름 또는 Ne 원자 흐름에 의해, 기판(11)의 상부 표면에서 플라즈마 CVD 반응이 진행되어, 아몰포스 구조의 Si 박막이 성장한다.

ECR 이온 발생기(2)로부터 아래로 흐르는 Ne 원자 흐름은 반사 유니트(1600)의 작용에 의해, 55°의 입사각을 갖는 4개의 방향에서 기판(11)의 상부 표면에 형성되는 Si 박막의 전체 표면에 조사된다. 상기 장치(120)에서와 마찬가지로, ECR 이온 발생기(2)에 의해 형성되는 플라즈마의 에너지는, 상기 4가지 성분의 입사 에너지가 Si에 대한 임계 에너지보다 낮도록 설정된다. 이에 따라, 브라베스의 법칙이 형성되는 아몰포스 Si 박막에 적용되어, 플라즈마 CVD에 의해 성장되는 아몰포스 Si 박막이 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 층으로 순차적으로 변환된다. 이 결과, 단일의 결정배향을 갖는 단결정 Si이 기판(11) 위에 형성된다.

장치(125)에서도, 반사 유니트(160)가 사용되어, ECR 이온 발생기(2)로부터 공급된 빔 각각의 단면보다 훨씬 넓은 면적을 갖는 기판(11)의 전체 표면을, 기판(11)을 조사하지 않고도, 원하는 입사각의 원자 흐름의 성분으로 균일하게 조사하는 것이 가능하다. 즉, 대면적을 갖는 기판(11)에 원하는 단결정 박막을 균일하고도 효율적으로 형성할 수 있다.

#### [A-12. 제11실시에]

이하, 본 발명의 제11실시에에 따른 장치(126)를 설명한다. 제32도 내지 제34도는 각각 본 실시예에 따른 장치(126)의 사시도, 평면도 및 정면도이다. 제32도 내지 제34도를 참조하여, 상기 (126)의 구조와 동작을 설명한다.

이 장치(126)에 있어서는, ECR 이온 발생기(2)는 수평으로 설치되어, 수평 설치된 기판(11)의 표면고 평행한 수평방향으로 가스 빔을 공급한다. ECR 이온 발생기(2)에 의해 공급되어 기판(11)의 상부 표면에 도달하는 가스 빔의 경로에 반사 유니트(180)가 삽입 설치된다.

반사 유니트(180) 내부에는, 반사 블록(186), 차폐판(184), 교정부재(188) 및 반사기(190)가 가스 빔의 경로를 따라 순차적으로 배치된다. 수직프리즘의 형태를 갖는 반사 블록(186)은 그것의 중심축 주위로 회전/구동된다. 출구(9)와 반사 블록(186) 사이의 거리는, ECR 이온 발생기(2)로부터 나온 이온 흐름을 중성 원자의 흐름으로 변환하는데 충분한 거리, 예를 들어, 최소 14cm의 거리가 되도록 설정한다. 이에 따라, 거의 중성 원자의 흐름이 반사블록(186)에 도달한다.

제35도는 반사 블록(186)의 동작을 나타낸 평면도이다. 제35도에 도시된 것과 같이, 반사 블록(186)에 입사한 원자의 흐름은 반사 블록(186)의 회전에 의해 수평면에서 다수의 방향으로 산란된다. 즉, 반사 블록(186)은 빔의 진행을 따라 빔의 단면이 직선적으로 또는 스트립 형태로, 즉, 거의 1차 원적으로 확대되는 발산 빔을 생성한다.

차폐판(184)은 특정한 범위의 산란각을 갖는 발산 원자흐름 성분만을 선택적으로 통과시킨다. 차폐판(184)을 통과한 원자 흐름 성분은 교정부재(188)를 통과하면서, 진행방향이 정확히 정렬된다. 상기 교정부재(188)는 교정부재(168)과 유사하게 구성된다. 제35도의 프리즘 형태 대신에, 상기 반사블록(186)은, 예를 들어, 삼각 기둥, 육각 기둥 등의 형태를 가질 수 있다.

제32도 내지 제34도를 다시 참조하면, 교정부재(188)를 통과한 원자 흐름 성분은 수평 방향을 따라 스트립 형태를 갖는 반사 장치(190)에 입사한다. 반사 장치(190)의 반사면은 적절한 오목면의 형태를 갖는다. 이에 따라, 발산하는 원자 흐름의 성분은 상기 반사면에서 반사되어 적절히 집광되어 평행빔을 형성한 후, 기판(11)의 전체 상부 표면에 선형 또는 스트립 형상으로 가해진다. 더구나, 상기 평행 빔은, 예를 들어, 35°의 입사각으로 기판(11)의 상부 표면에 입사된다. 제33도에 도시된 것 같이, 원자 흐름의 경로를 따라 배치된 반사 블록(186)으로부터 반사기(190)까지의 2 세트의 부재가 설치된다. 따라서, 원자의 흐름은 각각 35°의 입사각으로 서로 반대방향으로 2방향에서 기판(11)에 입사한다.

각각의 원자 흐름이 각각의 반사 블록(186)에 의해 산란되어 거의 1차원적으로 발산하므로, 반사 블록(186)과 반사기(190) 사이의 거리를 충분히 설정함으로써, ECR이온 발생기(2)로부터 공급된 빔의 단면보다 훨씬 더 넓은 폭을 갖는 선형 또는 스트립 형상의 영역에 평행빔을 가할 수 있다.

상기 장치(126)는 기판(11)을 수용하는 시료 홀더(미도시)를 갖고, 이 시료 홀더는 수평 이동장치(미도시)에 의해 수평적으로 이동할 수 있다. 시료 홀더의 이러한 수평운동을 따라, 기판(11)은 원자 흐름을 받는 선형 또는 스트립 형상의 영역에 수직(교차하는) 방향으로 이동한다. 이에 따라, 기판(11)을 조사하여 기판(11)의 전체 영역의 조사를 실현할 수 있다. 기판(11)의 주사에 의해, 대면적의 기판(11)의 원자 흐름 성분으로 균일하게 조사할 수 있다.

장치(126)는, 상기 장치(120)와 유사하게, 반응가스 공급 파이프(13a, 13b, 13c)를 구비하여, 기판(11) 위에 소정 물질의 박막을 형성하고, 이 박막을 단결정으로 순차적으로 변환한다. 더욱이, 시료 홀더에는, 상기 장치(121)에 서와 마찬가지로 히터가 설치되어, 기판(11) 위에 사전에 증착된 소정 물질의 박막을 단결정 박막으로 변환한다. 2가지 원자의 흐름이 35°의 동일한 입사각으로 반대 방향에서 입사되기 때문에, 기판(11) 위에 형성되는 단결정 박막은 그것의 (110) 면이 그것의 표면과 나란하도록 배향된다.

반사 유니트(180)의 위치 관계와 반사기(190)의 각도 등을 변화시킴으로써, (110) 면 이외의 결정면이 표면과 나란하도록 단결정 박막을 형성할 수 있다. 예를 들어, 반사 블록(186)으로부터 반사기(190)를 향하는 원자 흐름의 중심축이 90° 또는 180°의 각도를 이루도록 적어도 2세트의 반사 유니트(180)를 배치하고, 반사 유니트(180)로부터 기판(11) 위에 입사하는 원자 흐름의 입사각이 55°가 되도록 반사기(190)의 형태와 방향을 설정함으로써, (100) 면이 그것의 표면에 나란하게 배향된 단결정 박막을 형성할 수 있다.

더구나, 반사 블록(186)으로부터 반사기(190)를 향하는 원자 흐름의 중심축이 서로 120°만큼 편이되도록 적어도 3세트의 반사 유니트(180)를 배치하고, 반사 유니트(180)로부터 기판(11) 위에 입사하는 원자



흐름의 입사각이  $70^\circ$  가 되도록 반사기 (190)의 형태와 방향을 설정함으로써, (111) 면이 그것의 표면과 나란하게 배향된 단결정 박막을 형성할 수 있다.

상기 장치(124)와 유사하게, 원자 흐름 성분에 의해 조사되는 반사블록(186), 교정부재(188) 및 반사기(190)와 같은 반사 유닛(180)의 부재 각각의 표면은, 형성될 박막보다 스퍼터링시에 더 높은 입계 에너지를 갖는 Ta, W, Pt 등과 같은 물질로 만들어진다. 선택적으로, 상기 반사 유닛(160)의 각 부재의 표면은 박막의 표면과 동일한 물질로 만들어질 수 있다. 또한, 반사 유닛(160)의 부재 각각의 표면은 가해지는 이온 흐름 또는 원자 흐름을 구성하는 원소보다 무거운 원소를 함유한 물질로 만들어질 수 있다.

#### [A-13. 제12실시예]

이하, 본 발명의 제12실시예에 따른 장치(127)를 설명한다. 제36도는 본 실시예에 따른 장치(127)의 구조를 나타낸 사시도이다. 제36도에 도시된 것 같이, 상기 장치(127)는 반사 유닛(191)을 구비한다. 이 반사 유닛(191)은 그것이 반사 블록 (186) 대신에 정전 전극(electrostatic electrode)(196)을 갖는다는 점에서 상기한 반사 유닛(180)과 다르다는데 특징이 있다. 상기 정전 전극(196)에는 중성 원자 흐름 대신에 이온 흐름이 입사한다. 즉, 출구(9)와 정전 전극(196) 사이의 거리는, ECR 이온 발생기(2)로부터 발생한 이온 전류가 거의 중성 원자의 흐름으로 변환되지 않고 그대로 정전 전극(196)에 입사하도록 충분히 작게 설정된다.

상기 정전 전극(196)에는 ac 전원(197)이 설치된다. 이 ac 전원(197)은 일정한 바이어스 전압에 교류전압을 중첩시켜 형성된 파동 전압을 상기 정전 전극(196)에 공급한다. 그 결과, 정전 전극(196)에 입사하는 이온 흐름은 요동하는 전기장의 작용에 의해 수평면 안에서 여러 방향으로 산란된다.

이에 따라, 상기 장치(127)의 ac 전원(197)에 의해 공급된 파동 전압에 의해 이온 흐름의 산란이 실현되므로, 차폐판(184)에 의해 차단되는 불필요한 방향으로의 이온 흐름의 산란을 용이하게 억제할 수 있다. 즉, ECR 이온 발생기(2)에 의해 공급되는 이온 흐름 기판(11)에 효과적으로 가할 수 있다. 더욱이, ac 전원(197)에 의해 공급되는 파동 전압의 파형을, 예를 들면, 삼각파 형태로 설정함으로써, 이온 흐름을 더 높은 균일성을 갖는 각각의 방향으로 산란시킬 수 있다.

#### [A-14. 제5실시예 내지 제12실시예의 변형예]

(1) 상기 제6실시예 및 제10실시예에서는, 반사 블록(166)의 형태 및 반사기 (169)의 배치가 4중 회전대칭으로 선택되었으나, 예를 들면, 그것을 2중 또는 3중 회전대칭이 되도록 선택할 수도 있다. 즉, 희망하는 단결정 박막의 결정구조에 따라, 서로 다른 입사각으로 입사하는 원자 흐름의 성분의 개수를 임의로 선택할 수 있다. 반사 블록 (166)의 형태는 원추 형태와 같이 회전대칭 방식으로 선택될 수 있다. 이때, 기판(11)으로의 입사방향의 수에 무관하게 단지 한 개의 반사 블록(166) 만을 사용할 수 있다. 따라서, 본 발명의 장치에 따라, 다이아몬드 구조 이외의 결정구조를 갖는 단결정 박막을 형성할 수 있는 한편, 단결정 구조 내부에 다향한 결정 배향을 갖는 단결정 박막을 형성할 수 있다. 더욱이, 박막을 형성하는 물질은 임의의 결정구조에 대처할 수 있으므로 단결정 si에 제한되지 않으며, 예를 들어, GaAs 또는 GaN의 반도체 단결정 박막을 형성할 수 있다.

(2) 상기 제9실시예 및 제10실시예 각각에 있어서, 원자흐름 성분의 방향을 정렬하는 교정부재(168)는, 반사 블록(166)으로부터 반사기(169)로 향하는 원자 흐름의 경로 대신에, 반사기(169)에 의해 반사되며 기판(11)으로 향하는 원자 흐름의 경로에 삽입될 수 있다. 더욱이, 교정부재(168)는 이들 경로의 양쪽에 삽입될 수 있다.

한편, 상기 장치에는 교정부재(168)가 설치되지 않을 수도 있다. 그러나, 장치에 교정부재(168)가 설치되는 경우에는, 반사 블록(166) 및 반사기(169)의 형태 및 배치 등을 엄밀하게 설정하지 않고도, 기판(11)에 대한 원자 흐름 성분의 입사 방향을 정밀하게 설정할 수 있다.

상기 내용은 상기 제11실시예 및 제12실시예의 교정부재(168)에도 적용된다.

(3) 상기 제4실시예 내지 제11실시예 각각에 있어서, ECR 이온발생기(2)는 중성 원자 흐름 또는 중성 분자 흐름, 또는 중성 라디칼 흐름을 발생하는 또 다른 빔 발생원으로 대체될 수 있다. 이러한 원자 흐름 또는 라디칼 흐름을 발생하는 빔발생원은 이미 상업적으로 구입 가능하다. 중성 원자 또는 라디칼 빔이 이러한 빔 발생원에 의해 얻어질 수 있으므로, ECR 이온 발생기(2)를 사용한 경우와 마찬가지로, 이온 흐름을 중성화시키는 수단을 필요로 하지 않으면서 절연 기판(11) 위에 단결정 박막을 형성할 수 있다.

(4) 제4실시예 내지 제12 실시예의 각각에 있어서, ECR 이온발생기(2)는 케이지 형 또는 카우프만 형 발생원과 같은 또 다른 이온발생원으로 대체될 수 있다. 그러나, 이 경우에는, 생성된 이온 흐름이 이온들 사이의 정전기에 의한 반발력에 의해 확산되어 지향성이 떨어지므로, 이온을 중성화하는 수단 또는 집광기와 같이 이온 전류의 지향성을 증진시키는 수단을 상기 이온 흐름의 경로에 삽입하는 것이 바람직하다.

특히, 기판(11)이 전기 절연체로 이루어진 경우에는, 기판(11)에 조사 진행을 저해하는 전하가 누적되는 것을 방지하기 위하여, 이온을 중성화하는 수단을 이온 흐름의 경로에 삽입하는 것이 바람직하다. 반면에, 상기 ECR 이온발생기(2)를 구비한 상기 각 실시예에 따른 장치에서는, 이온 흐름을 중성화시키는 수단이 없이도 평행 빔에 가까운 형태로 중성 원자 흐름을 쉽게 얻을 수 있다.

이온을 중성화시키는 수단이 제12실시예에 따른 장치에 설치되는 경우에는, 정전 전극(196)의 아래쪽에 설치한다.

(5) 상기한 각 실시예에서 설명한 빔 조사장치는 단결정 박막을 형성하는 장치에 국한되지 않으며, 또 다른 목적을 위해 복수의 방향에서 가스빔을 가하는 장치에도 적용될 수 있다. 특히, 상기 제9실시예 내지 제12실시예에 도시된 장치는 복수의 방향에서 대면적 기판을 가스 빔으로 균일하게 조사하는데 적합하다.

(6) 상기 제4실시에 내지 제12실시에 각각에 있어서, 형성될 박막이 GaN와 같이 상온에서 가스 상태인 N(질소)을 함유하는 경우에는, 상기 가스는 가스상 질소로부터 제조될 수 있다. 이 경우에, 상기 가스가 박막 내에 잔류하더라도 박막의 특성이 열화되지 않는다.

[B. 단결정 박막의 선택적 형성과 더욱 효율적인 단결정 박막의 형성과 연관된 실시예]

이하, 상기한 방법에 근거하여, 기판의 특정한 영역 위에 단결정 박막을 선택적으로 형성할 수 있으며, 기판 위의 단결정 박막을 더욱 효과적으로 형성할 수 있도록 하는 방법에 관련된 실시예를 설명한다.

[B-1. 제13실시예]

제37도 내지 제42도는 제13실시예에 따른 방법과 관련된 공정도이다. 먼저, 제37도에 도시된 것 같이, Si 단결정 기판(102)의 상부 표면을 산화하여 절연체인 SiO<sub>2</sub> 막(104)을 형성한다. 또한, 예를 들어, CVD에 의해 SiO<sub>2</sub> 막(104)위에 마를포스 또는 다결정 Si 박막(106)을 형성한다.

그후, Si 박막(106) 위에 SiO<sub>2</sub> 또는 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 박막 (108)을 형성한 다음, 박막 (108)을 선택적으로 에칭하여, 제38도에 도시된 것 같이, 원하는 특정 영역에 개구를 형성한다. 상기 개구를 갖는 박막(108)은 후속단계에서 마스크재로서의 역할을 수행한다. 상기 선택적 에칭은, 레지스트 도포, 프리 베이킹, 노출, 현상, 포스트 베이킹 공정 등을 순차적으로 거치는 공지된 포토리 소그래피에 의해 수행된다. 이때, 노출은 선택적인 에칭을 가능하게 하는 소정의 패턴을 갖는 마스크재를 사용하여 수행되며, 노출 후에 레지스트 물질의 제거를 수행한다. 다결정 Si 박막(106)의 개구에 노출된 부분은 소위 역스퍼터링(reverse sputtering) 등의 방법으로 세정된다.

그후, 상기 장치(101)를 사용하여, 제 39도에 도시된 것 같이, 형성될 단결정 박막의 가장 밀도가 높은 복수의 평면에 수직인 방향으로 적절한 조사 에너지를 갖는 Ne 원자 흐름(110)에 의해 상기 Si 단결정 기판(102)의 전체 상부 표면을 조사한다. 상기 Ne 원자는 조사될 때 Si 박막(106)을 형성하는 원소인 Si와 마스크재(108)를 구성하는 원소 중에서 최대의 원자량을 갖는 Si보다 가벼우므로, Ne 원자는 조사 가 이루어진 후에 마스크재(108) 및 다결정 Si 박막(106) 내부에 거의 잔류하지 않는다.

상기 Si 박막(106)은 마스크재(108)의 개구를 통해서만 Ne 원자 흐름에 의해 선택적으로 조사된다. 이에 따라, Si 박막(106)은, 제40도에 도시된 것 같이, 마스크재 (108)의 개구에 해당하는 영역, 즉, 상기한 특정 영역에서, 정렬된 결정 배향을 갖는 단결정 층(112)으로 변환된다.

그후, 제41도에 도시된 것 같이, 마스크재(108)를 제거하고, 상부 표면을 열산화하여 산화막(114)을 형성한다. 일반적으로, 마를포스 또는 다결정 층의 열산화에 대한 반응속도는 단결정 층에 대한 반응속도보다 2~5배 크다. 따라서, 다결정 Si 박막(106)위에 놓인 산화막(114) 부분은 단결정 층(112) 위에 놓인 산화막보다 2~5배 정도 두껍다.

다음에, 상기 산화막(114)의 전체 표면을 적절히 에칭하여, 제42도에 도시된 것 같이, 단결정 층(112)의 표면을 노출시킨다. 이때, 산화막(116)은 Si 박막(106) 위에 남는다. 상기 단결정 층(112)에는, 예를 들어 트랜지스터 소자와 같은 원하는 소자를 설치할 수 있다. 이때, 상기 산화막(116)은 단결정 층(112) 위에 형성된 소자를 다른 소자들과 분리하는 소위 LOCOS(local oxidation of silicon) 층으로 작용한다. 상기 기판(102) 그 자체에는 이미 원하는 소자가 형성되어 있다. 따라서, 단결정 층(112)에 새로운 소자를 집적함으로써 3차원 구조를 갖는 소자를 구현할 수 있다. 본 실시예에 따른 방법에서는, LOCOS 층이 마를포스 또는 다결정 층 위에 형성되어, LOCOS 층이 단시간에 효율적으로 형성될 수 있으므로, 열산화 장치의 처리량을 향상시킬 수 있다.

더우기, 본 실시예에 따른 방법에서는, 절연체인 SiO<sub>2</sub> 막(104) 위에 단결정 박막이 형성될 수 있으므로, Si 단결정 기판(102)에 형성된 소자를 그 위에 새로 형성되는 소자로부터 쉽게 격리할 수 있다.

[B-2. 제14실시예]

제43도 내지 제51도는 제14실시예에 관련된 공정도이다. 제43도에 도시된 것 같이, 먼저, 단결정 Si 기판 위에 트랜지스터를 형성한다. 즉, 서로 격리된 n-형 소스 층(204) 및 드레인 층(206)을 p-형 단결정 Si 기판(202)의 표면 위에 선택적으로 형성한다. 또한, 게이트 전극(210)을 이들 층(204,206) 사이의 영역에 해당하는 영역에 기판(202)의 표면 위에 게이트 산화막(208)을 개재하여 형성한다. 즉, 이 트랜지스터는 n-채널 MOS 트랜지스터이다. 상기 게이트 산화막(208)은 SiO<sub>2</sub>로 이루어지고, 게이트 전극(210)은 다결정 Si로 이루어진다.

그후, 제44도에 도시된 것 같이, SiO<sub>2</sub>의 절연막(212)을 기판(202)과 게이트 전극(210)의 표면 전체에 걸쳐 형성한다. 다음에, 제45도에 도시된 것 같이, 절연막 (212)의 전체 표면에 마를포스 또는 다결정 Si 막(214)을 형성한다.

그후, Si 막(214)을 선택적으로 에칭하여 원하는 특정 영역에만 남겨 놓는다. 제46도는 선택적 에칭에 의해 특정 영역에 한정된 Si 막(216)을 나타낸 것이다.

다음으로, 상기 장치(101)를 사용하여, 제47도에 도시된 것 같이, 형성될 단결정 박막의 가장 밀도가 높은 복수의 평면에 수직인 방향에서 적절한 조사 에너지를 갖는 Ne 원자 흐름(218)에 의해 절연막(212)과 Si 막(216)의 전체 표면을 조사한다. Ne 원자는 Si 막(216)과 절연막(212)을 구성하는 원소인 Si보다 가벼우므로, Ne 원자는 조사가 이루어진 후에 이들층에 거의 잔류하지 않는다. 제48도에 도시된 것 같이, 이러한 조사에 의해, Si 막(216)이 정렬된 결정배향을 갖는 단결정 Si 박막(220)으로 변환된다. 이때, 표면에 노출된 절연막(212)의 영역도 단결정 박막으로 변환된다.

그후, 단결정 Si 박막(220)을 n-형 불순물로 도핑하여, 제48도에 도시된 것 같이, n-형 Si 박막으로 변환한다. 다음에, 상기 n-형 단결정 박막(220)의 표면에 게이트 산화막(228)과 게이트 전극(230)을 선택적으로 형성한다. 또한, 이것들을 마스크로 사용하여, 단결정 Si 박막(220)의 표면을 p-형 불순물로 선택적으로 도핑하여, 드레인 층(224)과 소스 층(226)을 형성한다. 즉, 이들 층은 자기 정렬(self

alignment)되어 형성된다. 이 단계에 의해, 단결정 Si 박막(220)에 p-채널 MOS 트랜지스터가 형성된다. 다음에, SiO<sub>2</sub> 등의 절연막(232)을 표면 전체에 걸쳐 형성한다. 그후, 상기 절연막(232, 212)의 원하는 부분을 선택적으로 에칭하여, 콘택 홀(contact hole)로서의 기능을 수행하는 개구를 형성한다. 다음에, 예를 들면, 알루미늄의 도전성 배선층(234)을 콘택홀을 포함하는 절연막(232)의 전체 표면에 도포한 후, 배선층(234)을 선택적으로 제거하여 원하는 방식으로 소자들을 연결한다(제50도).

상기한 바와 같이, 본 실시예에 따른 방법에서는, 기판(202)의 원하는 특정 영역 위에 단결정 층을 선택적으로 형성할 수 있다. 또한, 기판(202) 그 자체에는 이미 소자가 형성되어 있으므로, 단결정 층 위에 새로운 소자를 형성함으로써 3차원 구조를 갖는 소자를 구현할 수 있다. 본 실시예에 따른 방법에서는, SiO<sub>2</sub> 절연막(212) 위에 단결정 박막을 형성할 수 있으므로, 3차원 소자에 있어서 기판(202)에 형성된 소자를 그 위에 새로 형성되는 소자와 쉽게 격리시킬 수 있다.

더구나, 제51도에 도시된 것 같이, 기판(202) 위에 복수개의 새로운 소자를 형성하는 것도 가능하다. 이때, 서로 독립적으로 형성되는 2개의 새로운 소자(제51도에서는 2개의 p-채널 MOS 트랜지스터)가 단결정 Si 박막(220)에 설치된다. 따라서, 이들 소자는 LOCOS층 또는 격리층을 사용하지 않고도 용이하게 격리시킬 수 있다. 그 결과, 소자를 제조하는 단계가 단순해지고 소자의 집적도가 향상된다.

상기 실시예에서는, 선택적으로 형성된 단결정 Si 박막(220) 내부에 n-형 불순물을 주입하였지만, 이것을 Si 막(216) 또는 Si 막(214)의 전체 표면 내부로 주입할 수도 있다. 어떤 방법으로도, 제50도 및 제51도에 도시된 3차원 구조의 소자를 최종적으로 제조할 수 있다.

#### [B-3. 제15실시예]

상기한 것 같이, Si 막(214)(제45도)을 선택적으로 제거하여 Si 막(216)(제46도)을 형성한 다음, Ne 원자 흐름을 가하여(제47도) Si 막을 단결정 Si 박막(220)으로 변환한다(제48도). 또한, 제45도에 도시된 Si 막(214)의 표면 전체가 Ne 원자 흐름으로 조사되어 단결정 박막으로 변환될 수 있으므로, 이후 Si 막(214)을 선택적으로 제거하여 제48도에 도시된 단결정 Si 박막(220)을 형성한다. 후속 단계는 제14실시예의 경우와 유사하다.

#### [B-4. 제16실시예]

상기한 것 같이, 먼저 마몰포스 또는 다결정 Si 막(214)을 형성한 다음(제45도), Ne 원자 흐름으로 조사하여 제15실시예에서와 같이 단결정 박막으로 변환한다. 또한, 제43도에 도시된 단계가 완료된 후에, 상기 장치(100)를 사용하여, 마몰포스 Si 박막을 절연막(212) 위에 성장하는 동시에, Ne 원자 흐름을 가하여, 절연막(212) 위에 단결정 Si 박막을 형성할 수 있다. 그후, 단결정 Si 박막을 선택적으로 제거하여, 제48도에 도시된 단결정 Si 박막(220)을 형성한다. 후속 단계는 상기 제15실시예의 경우와 유사하다.

#### [B-5. 제17실시예]

제52도 내지 제60도는 제17실시예에 따른 방법과 관련된 공정도이다. 제52도에 도시된 것 같이, 먼저, CVD 등에 의해, SiO<sub>2</sub>로 이루어지는 기판(502) 위에 마몰포스 또는 다결정 Si 박막을 형성한다. 그후, 상기 장치(100)를 사용하여 Si 박막을 Ne 원자 흐름으로 조사하여, 상기 Si 박막을 (100) 면이 표면에 노출되도록 결정 방향이 정렬된 단결정 Si 박막(504)으로 변환한다. 한편, 상기 장치(100) 대신에 장치(101)를 사용하여, Ne 원자 흐름으로 마몰포스 Si 박막을 조사하면서 그것을 기판(502) 위에 성장시켜 단결정 Si 박막(504)을 형성할 수 있다.

다음에, 상기 단결정 Si 박막(504)의 표면을 선택적으로 열산화하여, 제53도에 도시된 것 같이, LOCOS 층(506)을 형성한다. 그후, 상기 LOCOS 층(506)에 의해 서로 격리된 단결정 Si 박막 영역(508, 510, 512)의 각 영역에 p-형 또는 n-형 불순물이 주입하여, 제54도에 도시된 것 같이, 이들 단결정 Si 박막 영역(508, 510, 512)을 p-형 또는 n-형 반도체 영역으로 변환한다.

그후, 제55도에 도시된 것 같이, SiO<sub>2</sub>의 게이트 산화막(514, 515)과 다결정 Si의 게이트 전극(516, 517)을 상기 단결정 Si 박막 영역(512, 510)의 표면에 형성한다. 다음에, 이들 게이트 산화막(514, 515)과 게이트 전극(516, 517)을 마스크로 사용하여, 제56도에 도시된 것 같이, 단결정 Si 박막 영역(512, 510)에 표면으로부터 n-형 및 p-형 불순물을 선택적으로 주입한다. 그 결과, 단결정 Si 박막 영역(512, 510)에 소스 및 드레인 층이 각각 형성된다.

다음에, 제57도에 도시된 것 같이, 단결정 Si 박막 영역(508)의 표면을 제외한 표면 부분에 SiO<sub>2</sub>의 절연막(526)을 형성한다. 그후, 상기 장치(101)를 사용하여, 제58도에 도시된 것 같이, 표면으로부터 Ne 원자의 흐름을 가한다. 이때, SiO<sub>2</sub>의 절연막(526)에 의해 덮이지 않은 단결정 Si 박막의 영역(508)만이 선택적으로 조사된다. 입사 방향은, 한개의 (111) 면이 표면으로 노출되도록 배향된 단결정 Si의 가장 밀도가 높은 복수의 면(111)에 수직인 방향으로 설정된다. 이에 따라, 단결정 Si 박막의 영역(508)은 결정 배향(111)이 면이 표면으로 노출되도록 정렬된 단결정 Si 층(530)으로 변환된다. 즉, 단결정 Si 박막의 영역(508)의 결정 배향이 변환된다. SiO<sub>2</sub> 절연막(526)으로 마스크되어 조사가 이루어지지 않은 영역(528)은 CMS 소자가 설치될 영역이다. 한편, 결정 배향이 변환된 단결정 Si 층(530)에는, 예를 들어, 압력 센서가 설치된다. 그후, 제59도에 도시된 것 같이, SiO<sub>2</sub>의 절연막(532)을 전체 표면에 형성한다. 이 절연막(532)은 상기 절연막(526)을 포함한다. 다음에, 상기 절연막(532)의 원하는 부분을 선택적으로 에칭하여 콘택홀로서의 기능을 수행하는 개구를 형성한다. 다음에, 예를 들면, 알루미늄의 도전성 배선층(534)을 절연막(532)의 콘택홀을 포함하는 표면 전체에 도포한 후, 이 배선층(534)을 선택적으로 제거하여 원하는 방식으로 소자를 결합한다(제60도).

상기 단계에 의해, 서로 다른 결정 배향을 갖는 단결정 Si 재료에 의해 단결정 Si 박막(504) 내에 CMOS(528) 및 압력 센서(536)가 병렬로 형성된다. 상기 CMOS(528)를 형성하는 단결정 Si는 (100) 면이



상기 기판의 주표면과 나란하도록 배향되는 반면에, 압력 센서를 형성하는 단결정 Si는 (111) 면이 기판의 주표면과 나란하도록 배향된다. 더우기, 본 실시예에 따른 방법에 있어서는, 서로 다른 바람직한 결정 배향을 갖는 복수의 소자가 동일한 단결정 Si 박막 내부에 설치된 복합 소자를 형성할 수 있다. 더구나, 본 실시예에 따른 방법에 있어서는, 단결정이 아닌 SiO<sub>2</sub> 위에 단결정 Si로 이루어진 소자를 형성할 수 있다. 즉, 이 방법은 기판에 대한 재질에 제한을 받지 않는다는 이점을 갖는다.

#### [B-6. 제18실시예]

상기한 바와 같이, CVD 등에 의해 기판(502) 위에 마몰포스 또는 다결정 Si 박막을 형성한 후, Si 박막의 표면 전체를 Ne 원자 흐름으로 조사하여, 그 전체 영역이 (100) 면이 표면으로 노출되도록 정렬된 단결정 Si 박막(504)으로 변환된다(제52도). 한편, 제61도에 도시된 것 같이, 소정의 마스크 패턴을 갖는 마스크재(540)를 표면에 형성한 후, Ne 원자 흐름으로 조사하여, CMOS가 형성될 Si 박막 영역만을 Ne 원자 흐름으로 선택적으로 조사한다. 이에 따라, CMOS가 형성될 영역만이 (100) 면의 표면을 갖는 단결정 Si 박막(542)으로 변환되는 반면, 다른 영역(544)은 아몰포스 또는 다결정 Si 박막의 최초 상태로 남아 있다. 후속 단계는 상기 제17실시예의 경우와 유사하다.

제18실시예에 따른 방법은 상기 제17실시예에 따른 방법과 유사한 효과를 갖는다. 즉, 동일한 단결정 Si 박막 내부에 서로 다른 바람직한 결정배향을 갖는 복수의 소자가 설치된 복합 소자를 제조할 수 있다. 더우기, 본 실시예는, 상기 제17실시예에서와 마찬가지로, 기판에 대한 재료에 제한을 받지 않는다는 장점을 갖는다.

#### [B-7. 제19실시예]

제62도는, 본 발명의 제19실시예에 따른 단결정 박막 형성장치 내부의 샘플 홀더의 구조를 나타낸 정면도이다. 이 샘플 홀더는, 상기 샘플 홀더(10) 대신에 장치(100) 내부에 조립된다. 이 샘플 홀더에 있어서는, 반사기(12)가 지지대(712)를 통해 고정 테이블(702)에 고정된다. 또한, 가동 테이블(706)은 고정 테이블(702)에 의해 수평으로 활주가능하게 지지된다. 이 가동 테이블(706)의 안착부는 모터(710)에 의해 회전 구동되는 스크류(708)에 의해 고정되며, 스크류(708)의 회전에 따라 수평으로 이동된다. 이 안착부에는, 가동 테이블(706)의 상부 부재를 수평으로 구동하기 위해, 고정 테이블(702)과 유사하게, 모터와 스크류를 구비한 수평 구동장치(미도시)가 설치된다. 상기 안착부를 활주하는 방향은 상기 상부 부재를 활주하는 방향에 대해 수직하다. 조사될 기판(11)은 상부 부재 위에 놓여진다. 이 기판(11)은 반사기(12) 아래에 놓여진다.

제63도는 이 샘플 홀더의 동작을 일반적으로 나타낸 평면도이다. 기판(11)은 상기한 2개의 수평 구동장치의 작용에 의해 2개의 수직 방향을 따라 반사기(12)에 대해 상대 주사된다. 이에 따라, 빔을 통과시키는 개구로서 작용하는 반사기(12)의 개구에 비해 넓은 면적을 갖는 기판(11)의 전체 표면을 빔으로 균일하게 조사할 수 있다.

상기한 샘플 홀더를 사용하는 경우, 제 64도에 도시된 것 같이, 마그네틱 렌즈(720)를 구비한 단결정 박막 형성장치(101a)를 사용함으로써 빔을 효과적으로 가할 수 있다. 상기 마그네틱 렌즈(720)는 이온 발생원(2)으로부터 하향 분사되는 이온 흐름을 스트림 형태로 집속한다. 제65도는 마그네틱 렌즈(720)에 의해 이온 흐름이 집속되는 상태를 나타낸 개략도이다. 마그네틱 렌즈(720)의 작용에 의해, 이온 흐름은 반사기(12f) 부근에서 스트림 형태의 단면을 갖는다. 따라서, 반사기(12f)도 이러한 스트림을 따른 형태를 갖는다. 상기 장치(100, 101)에서와 마찬가지로, 이온 흐름은 반사기(12f) 근처에서 거의 중성 원자 흐름으로 변환된다. 기판(11)은 반사기(12)에서 반사된 원자 흐름 성분(726)과 직접 입사된 성분(724)으로 조사된다. 상기 반사기(12f)의 경사각은, 이들 2가지 성분의 입사 방향이 형성될 단결정 박막의 가장 밀도가 높은 복수의 평면에 수직하도록 조절된다.

상기 기판(11)을 '원자 흐름의 스트림'에 수직한 방향(728)으로 주사함으로써, 단 한번의 주사로 기판(11)의 넓은 영역을 효과적으로 조사할 수 있다. 이에 따라, 적은 횟수의 주사로 대면적을 갖는 기판(11)을 조사할 수 있다. 다시 말해, 상기 장치(101a)를 사용함으로써, 보다 높은 효율로 단결정 박막을 형성할 수 있다. 이것은 기판(11)의 폭이 '원자 흐름의 스트림'의 주축 방향의 폭보다 짧을 때 특히 효과적이다. 이때, 상기 기판(11)은 단지 하나의 방향(728)을 따라 주사되며, 단결정 박막이 보다 효율적으로 형성된다. 더욱이, 샘플 홀더 내부에 설치되는 구동장치는 고정 테이블(702) 내부에 통합되는 단일 구동장치에 의해 충분히 구현되므로, 샘플 홀더의 구조가 단순해진다.

#### [B-8. 제20실시예]

제66도는 본 발명의 제20실시예에 따른 단결정 박막 형성장치 내부에 설치되는 반사기 지지대의 구조를 개략적으로 나타낸 정면도이다. 이 반사기 지지대는 힌지(804)에 의해 반사기(802)의 일단을 회전가능하게 지지하는 한편, 연결 바(808)의 선단에 설치된 또 다른 힌지(806)에 의해 타단을 회전가능하게 지지한다. 상기 연결 바(808)는 피스톤(810)에 의해 축방향으로 구동된다. 상기 연결 바(808)의 축방향 운동을 따라, 반사기(802)는 힌지(804) 주위로 회전한다. 그 결과, 반사기(802)의 반사면의 경사각  $\theta$ 가 변화한다. 즉, 이 장치에 제공되는 반사기(802)의 반사면에 대한 경사각이 변화할 수 있다. 이에 따라, 한 개의 장치를 사용하여 다양한 결정배향 및 결정구조를 갖는 단결정 박막을 형성할 수 있다. 즉, 다양한 형태의 단결정 박막을 경제적으로 형성할 수 있다.

더구나, 단일 기판(11) 위에 다양한 형태의 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있다. 이는 장치 내부에 기판(11)이 삽입되어 있는 동안 다양한 종류의 단결정 박막이 형성될 수 있기 때문이다. 컴퓨터로 피스톤(810)의 동작을 제어함으로써, 소정의 경사각을 즉시 설정할 수 있다.

#### [B-9. 제21실시예]

제67도는 본 발명의 제21실시예에 따른 단결정 박막 형성장치 내부에 설치된 반사기 지지대(902)의 구조를 나타낸 평면도이다. 이 반사기 지지대(902)는 수직 축 주위로 회전 구동되는 복수개의 아암(904)을 구비한다. 서로 다른 복수개의 반사기(906a~906f) 각각이 아암(904)의 선단부에 장착된다. 상기 복수의 반사기(906a~906f)는 기판(11)에 입사하는 원자 흐름 성분의 수 또는 경사각이 서로 다르게 형성된다.



즉, 반사기(906a~906f)는 반사면의 수 및 경사각이 서로 다르다. 상기 아암(904)이 회전 구동되기 때문에, 복수 종류의 반사기(906a~906f)로부터의 원자 흐름에 의해 조사되는 조사 영역(908) 내에 놓이도록 원하는 반사기를 임의로 선택할 수 있다.

따라서, 상기 제20실시예에 따른 장치와 마찬가지로, 한 개의 장치만으로 다양한 결정배향 및 결정구조를 갖는 단결정 박막을 형성할 수 있다. 즉, 다양한 종류의 단결정 박막을 경제적으로 형성할 수 있다. 더우기, 단일 기관(11)위에 여러 종류의 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있다.

#### [B-10. 제22실시예]

제19실시예 내지 제21실시예에서 주어진 반사기와 반사기 지지대는, 장치 (100) 대신 상기 장치(101)에서도 사용될 수 있다. 즉, 상기 반사기와 반사기 지지대는, 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성한 후 이것을 단결정 박막으로 변환하는 장치와 이들 동작을 동시에 수행하는 장치 모두에 적용될 수 있다.

#### [B-11. 제23실시예]

제68도는 본 발명의 제23실시예에 따른 단결정 박막 형성장치의 구조를 개략적으로 나타낸 평면도이다. 이 장치에서는, 기관(11)을 에칭하는 에칭부(1104)와, 기관(11) 위에 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 박막 형성부(1106)와, 기관 (11)을 원자 흐름으로 조사하는 조사부(1108)가 캐리어 챔버(1102) 주위에 배치된다. 또한, 각 부(1104, 1106, 1108) 내부에 기관(11)을 수납하는 처리실은 캐리어 챔버(1102)를 통해 서로 연통된다. 상기 캐리어 챔버(1102)에는 기관(11)을 받거나 배출하는 입구(110)와 출구(1112)가 설치된다. 상기 입구(110) 및 출구(1112) 양측에는 밀폐 전환 도어(미도시)가 설치된다. 상기 캐리어 챔버(1102)에는, 기관(11)을 받거나 배출하는 동시에, 기관을 각각의 처리실에 삽입하거나 배출하는 캐리어 로봇(1114)이 설치된다.

본 실시예에 따른 장치에서는, 각 처리실이 서로 연통되므로, 기관(11) 위에 박막을 형성하기 전에, 새로운 산화의 진행을 방지하면서 산화막을 제거하기 위해 에칭한 다음, 박막의 형성을 즉시 개시할 수 있다. 따라서, 각각의 처리를 효율적으로 수행하면서 우수하고 균일한 특성을 갖는 박막을 신뢰성있게 형성할 수 있다. 더구나, 캐리어 로봇(1114)을 설치함으로써 기관(11)을 각각의 처리실 내부로 효율적으로 운반할 수 있다.

제69도는 본 발명의 제24실시예에 따른 단결정 박막 형성장치의 구조를 개략적으로 나타낸 정단면도이다. 이 장치는 반사기(12) 대신에 2개의 ECR 이온 발생원 (1204a, 1204b)을 구비한다. 즉, ECR 이온 발생원(1204a, 1204b)으로부터 공급된 원자 흐름은 기관(11)의 표면에 직접 입사된다. 이들 ECR 이온 발생원(1204a, 1204b)은 기관(11)의 주 표면에 대해 소정 각도를 갖도록 설정된다. 그 결과, 원자의 흐름은 형성될 단결정 박막의 가장 밀도가 높은 복수의 평면에 수직한 입사방향으로 기관(11)의 표면에 입사된다. 또한, 반사기(12)를 구비한 장치(100) 대신에, 복수의 빔 발생원을 갖는 장치를 사용하여도 기관(11) 위에 단결정 박막을 형성할 수 있다.

이 장치에서는, 처리실(1202)에 놓인 샘플 홀더(1208)에 기관(11)의 자세를 조절하는 장치가 부가된다. 즉, 샘플 홀더(1208)는 수평면 내에서 회전가능하므로, 기관(11)을 회전시켜 기관(11)에 설치된 배향면(11a)의 방향을 소정 방향으로 향하게 할 수 있다. 캐리어 유닛(1206) 위에 놓인 기관(11)이 본 장치의 처리실(1202)의 측면에 설치된 입구(1204)를 통해 운반되어 샘플 홀더(1208) 위에 놓이면, 광학 수단은 배향면(11a)의 방향을 검출하고, 그 방향을 소정 방향으로 교정하기 위해 샘플 홀더(1208)가 소정량만큼 회전한다. 회전량은 컴퓨터가 내장된 제어부(미도시)에서 계산된다.

일반적으로, 배향면(11a)의 방향은 기관(11)을 형성하는 단결정 층의 결정배향과 일정한 관계를 갖는다. 이에 따라, 배향면(11a)의 방향을 소정 방향으로 설정함으로써, 기관(11)을 이루는 단결정 층의 결정배향과 그 위에 새로 형성될 단결정 박막의 결정배향을 원하는 관계로 일정하게 설정할 수 있다. 따라서, 이 장치를 사용하여, 예를 들면, 기관(11)을 형성하는 단결정층 위에 새로운 단결정 박막을 에피택셜하게 형성할 수 있다.

제70도는 본 발명의 제24실시예에 따른 단결정 박막 형성장치의 또 다른 구조를 개략적으로 나타낸 정단면도이다. 이 장치에서도, 기관(11)을 수평 회전시켜 기관의 자세를 제어할 수 있다. 즉, 샘플 홀더(1208)는 회전 구동부(1214)에 의해 수평으로 회전될 수 있다. 이 장치는 단결정 구조를 갖는 기관(11)의 결정배향을 검출하는 결정배향 검출부(1210)를 더 구비한다. 상기 결정배향 검출부(1210)는 기관(11)의 표면을, 예를 들어 X-선으로 조사하여 그 회절 이미지를 포착하는 기능을 한다. 상기 결정배향 검출부(1210)에 의해 얻어진 회절 이미지를 나타내는 전기 신호는 컴퓨터가 내장된 제어부(1212)로 전송된다. 상기 제어부(1212)는 이 신호로부터 회절 이미지를 복조하여 기관(11)의 결정배향을 계산하는 한편, 이 계산치와 원하는 결정배향의 차를 계산하여, 회전 구동부(1214)에 결정배향을 교정하도록 하는 회전각을 지시한다. 이 지시에 따라 회전 구동부(1214)는 샘플 홀더(1208)를 회전시킨다. 상기한 동작은 상기한 차이를 제거하여, 기관(11)을 이루는 단결정 층의 결정배향과 그 위에 새로 형성되는 단결정 박막의 결정배향을 원하는 관계를 갖도록 일정하게 설정한다.

제70도에 도시된 장치는, 제69도에 도시된 장치와 달리, 어떠한 배향면(11a)도 갖지 않는 임의의 단결정 기관에 대해서도 결정배향을 조절할 수 있다는 이점을 갖는다. 기관(11)의 결정 방향과 배향면(11a)의 방향 사이의 관계가 일반적으로 정확하지 않다는 것을 고려하면, 제70도에 도시된 장치는 제69도에 도시된 장치에 비해 결정배향을 고정밀도로 조절할 수 있다고 할 수 있다.

#### [B-13. 제25실시예]

제71도는 본 발명의 제24실시예에 따른 단결정 박막 형성장치 내부에 설치된 샘플 홀더를 개략적으로 나타낸 부분 정면도이다. 이 샘플 홀더는 상기 장치(101)와 함께 사용된다. 즉, 이 샘플 홀더는, 기관(11) 상으로 반응가스를 공급하면서 기관을 원자 흐름으로 조사하여 아몰포스 또는 다결정 Si 박막을 형성하는 장치에 사용된다. 이 샘플 홀더에서는, 반사기(12)가 지지대(1304)를 통해 고정 테이블(1302)에 고정 지지된다. 기관(11)을 수송하기 위한 회전가능한 테이블(1306)은 회전 구동부(미도시)에 의해 회전 구동되는 회전축(1308)에 연결되어, 상기 회전가능한 테이블(1306)을 회전시킨다. 상기

회전가능한 테이블(1306)의 회전시에, 그 위에 놓인 기판(11)이 회전된다. 상기 기판(11)을 회전시켜, 그것의 방향을 적절히 변경함으로써, 반응 시스템의 불균일성, 즉, 기판(11) 상의 반응가스 분포의 불균일성, 또는 기판(11)상의 온도분포의 불균일성에 의해, 형성될 박막에 나타나는 불균일성을 제거할 수 있다. 한편, 기판(11)의 회전시에 반사기(12)와 기판(11)의 상대적인 위치가 변경된다. 따라서, 이러한 샘플 홀더가 사용되는 경우, 기판(11)의 방향이 조사 중단에 제한을 받으면서 박막의 성장만을, 즉, 막 형성만을 수행하기 위해 변경되도록, 원자 흐름이 단속적으로 가해진다. 더욱이, 기판(11)의 방향은 다음의 조사가 개시되기 이전에 원래의 방향으로 복귀된다. 막 형성과 단결정으로의 변환을 수행하기 위해 이를 동작이 반복된다.

제72도는 샘플 홀더의 또 다른 실시예를 개략적으로 나타낸 평면도이다. 이 샘플 홀더는 일괄처리 시스템에서 기판(11)의 처리를 수행하도록 구성되며, 상기 장치 (100)와 조합하여 사용된다. 이 샘플 홀더에서는, 처리될 기판(11)의 회전가능한 테이블(1310)의 회전축의 주변부에 놓인다. 제72도는 4개의 기판(11)이 배치된 경우를 나타낸 것이다. 이들 기판들(11) 중에서, 예를 들어, 제72도의 'A' 위치에 놓인 기판만 원자 흐름으로 조사된다. 반응가스는 모든 위치 'A' 내지 'D'로 공급된다.

상기 회전가능한 테이블(1310)이 단속적으로 회전하는 경우, 위치 'A'를 점유하는 기판(11)은 조사와 반응가스의 공급을 모두 받게 된다. 즉, 막 형성과 단결정화가 동시에 진행된다. 나머지 위치 'B' 내지 'D' 각각에 있어서는, 반응가스만이 공급되어 막형성만이 진행된다. 또한, 기판(11)의 방향은 위치 'A'에서 'D'로 변화한다. 따라서, 기판(11)의 위치 'A'에서 'D'로 연속적으로 순회하면, 반응 시스템의 불균일성에 의해 초래되는 막 형성 정도의 불균일성을 제거할 수 있다. 즉, 본 샘플 홀더를 사용하여, 각 기판(11) 위에 균일한 두께를 갖는 단결정 박막을 형성할 수 있다. 또한, 위치 'A'에서 원자 흐름으로 조사를 규칙적으로 수행할 수 있다. 따라서, 제71도에 도시된 샘플 홀더를 사용하는 경우에 비해 단결정 박막을 더욱 효과적으로 형성할 수 있다.

#### [B-14. 제26실시예]

제73도는, 본 발명의 제26실시예에 따른 단결정 박막 형성장치 내부에 설치되는 샘플 홀더를 개략적으로 나타낸 정단면도이다. 이 샘플 홀더에서는, 그 내부에 반응가스 공급 경로를 형성하는 반응가스 공급 부재(1412)가 밀폐 상태를 유지하면서 처리용기 (1402)의 하부에 회전가능하게 장착된다. 따라서, 이 샘플 홀더는 별도의 반응가스 공급 시스템을 구비하지 않는 상기 장치(100)에 적절히 일체화된다.

상기 반응가스 공급 부재(1412)는 벨트(1428)에 의해 회전 구동된다.

상기 반응가스 공급 부재(1412)는, 가장 안쪽의 층에 놓인 내부 파이프(1416)와, 최외층에 놓인 외부 파이프(1414)와, 중간 층에 위치한 중간 파이프(1418)가 설치된 3층 구조를 갖는다. 이에 따라, 반응가스 공급 부재(1412)는 각 층 사이에서 반응가스에 대한 공급 경로와 배출 경로를 형성한다. 또한, 반응가스 공급구(1420)와 반응가스 배출구(1426)는, 밀폐시키기 위해, 각각 회전 밀폐부재(1430, 1432)를 개재하여 상기 반응가스 공급 부재(1412)에 회전 가능하게 결합된다. 또한, 시료 고정 테이블 (1404)을 고정 지지하는 받침대(1406)가 반응가스 공급 부재(1412)의 내부에 삽입된다. 시료로서 기능하는 기판(11)은 시료 고정 테이블(1404) 위에 놓여지며, 시료를 가열하기 위한 히터(1408)는 시료 고정 테이블(1404)의 저면에 설치된다. 이 히터(1408)는 기판(11)의 온도분포를 증진시키기 위해 필요에 따라 회전될 수 있다. 상기 시료 고정 테이블(1404)은 반응가스 공급 부재(1412)의 회전에 따라 회전되지 않도록 고정된다.

반응가스 공급구(1420)로부터 공급된 반응가스는 중간 파이프(1418)와 내부 파이프(1416) 사이에 형성된 공급 경로를 통과하며, 반응가스 분사구(1422)로부터 기판(11)의 표면을 향해 분사된다. 반응이 이루어진 잔류 가스는 반응가스 수집구 (1424)로부터 외부 파이프(1414)와 중간 파이프(1418) 사이에 형성된 또 다른 경로, 즉, 배기 경로로 들어가, 이 배출 경로를 통과하여 반응가스 배출구(1426)로부터 외부로 배출된다. 상기 반응가스 공급 부재(1412)를 회전시킴으로써, 기판(11) 위에 소정의 박막을 균일하게 성장할 수 있다. 또한, 기판(11)이 회전되지 않으므로, 원자 흐름의 조사를 중단시키지 않으면서도 막을 연속 성장시킬 수 있다. 따라서, 기판(11) 위에 균일한 두께의 단결정 박막을 더욱 효율적으로 형성할 수 있다.

#### [B-15. 제27실시예]

제74도는 본 발명의 제27실시예에 따른 단결정 박막 형성장치의 구조를 개략적으로 나타낸 정단면도이다. 이 장치는, 제69도에서 도시된 장치와 마찬가지로, 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)을 구비한다. 본 실시예에 따른 장치의 특징은, 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)으로부터 발생하는 이온 빔의 밀도 레벨을 독립적으로 조절하는 제어부(1502, 1504)를 설치한 것에 있다. 이들 제어부(1502, 1504)는 별개로, 즉, 독립적으로 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)의 출력을 제어하여, 이온발생원으로부터 공급되는 이온 빔의 밀도 레벨을 용이하게 최적화할 수 있다. 따라서, 기판(11) 위에 고품질의 단결정 박막을 안정적으로 형성할 수 있다.

#### [B-16. 제28실시예]

제75도는 본 발명의 제28실시예에 따른 단결정 박막 형성장치의 구조를 개략적으로 나타낸 정단면도이다. 제74도에서 도시된 장치와 마찬가지로, 이 장치도 또한 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)을 구비한다.

본 실시예에 따른 장치의 특징은, 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)과 기판(11)의 사이에 이온을 가속시키는 방향으로 바이어스 전압이 인가된다는 점에 있다. 즉, dc 전압 공급회로가, 고주파를 발생하는 RF 전원(1602)과 임피던스 정합을 위한 정합회로(1604)의 직렬회로, 즉, ECR 이온발생원(1204a, 1204b)에 고주파를 공급하는 회로와 병렬로 삽입된다. 상기 dc 전압 공급회로는 dc 전원(1606)과 고주파를 차단하는 인덕터(1608)의 직렬회로로 구성된다.

고주파의 공급과 dc전압의 공급은 스위칭 릴레이(1610)의 작용을 통한 시간 배분(time sharing)에 의해 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)에 할당된다. 이것들은, 인가된 dc 전압의 간섭에 의해 발생한 이온

흐름의 정상적인 유동에 대한 교란을 방지하기 위해, 시간 배분에 의해 교대로 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)으로 공급된다.

본 실시예에 따른 장치에 있어서는, ECR 이온발생원(1204a, 1204b)과 기판(11) 사이에 이온을 가속시키는 방향으로 바이어스 전압이 인가되므로, 원자의 흐름의 방향성이 향상된다. 시간배분에 의해 교대로 공급하는 대신에, 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)에 바이어스 전압이 동시에 인가되는 경우에도 유사한 효과가 얻어진다. 한편, 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b) 각각에 독립적으로 바이어스 전압을 공급하기 위해 2개의 dc 전원회로가 설치될 수도 있다. 이 경우에는, 각각의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)에 최적의 바이어스 전압을 가할 수 있으므로, 최적의 조사조건을 얻을 수 있다.

[B-17. 제29실시예]

제76도는 본 발명의 제29실시예에 따른 단결정 박막 형성장치의 구조를 개략적으로 나타낸 정단면도이다. 이 장치도, 제75도에서 도시된 장치와 유사하게, 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)을 구비한다. 본 실시예에 따른 장치의 특징은, 이온 추출조건을 조절하기 위한 바이어스 전압이 인가되는 격자(1702, 1704)가 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)의 이온 출구 포트에 인접하여 설치된다는 점에 있다. DC 전원(1706, 1708)은 격자(1702, 1704)와 기판(11) 사이에 삽입 설치된다. 2개의 격자(1702, 1704)는 서로 분리되어, 그곳에 인가된 전압이 서로 독립적으로 조절될 수 있다.

예를 들어, 격자(1702, 1704)와 기판(11) 사이에 바이어스 전압이 이온을 가속하는 방향으로 인가되는 경우, 원자 흐름은 그것의 방향성이 향상된다. 더우기, 이 장치에서는 2개의 격자(1702, 1704)에 인가되는 바이어스 전압 레벨이 서로 독립적으로 조절될 수 있으므로, 2개의 ECR 이온발생원(1204a, 1204b)의 동작상태에 응답하여 최적의 바이어스 전압을 가할 수 있다.

이에 따라, 기판(11)위에 고품질의 단결정 박막을 효율적으로 형성할 수 있다.

비록, 본 발명을 상세히 예시하고 설명하였으나, 상기한 설명은 모든 면에서 예시를 위한 것으로 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 따라서, 본 발명의 범주를 벗어나지 않으면서 다양한 변형 및 변화가 이루어질 수 있다는 것은 자명하다.

#### (57) 청구의 범위

청구항 1. 사전에 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 박막 또는 다결정 박막을 형성한 다음, 형성되어질 단결정 박막 내부의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수개의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 중성 원자 또는 중성 분자의 빔을 상기 아몰포스 박막 또는 상기 다결정 박막에 조사하여, 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하도록 구성된 것을 특징으로 하는 단결정 박막의 형성방법.

청구항 2. 제1항에 있어서, 상기 빔을 구성하는 원소의 원자량은 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 작은 특징으로 하는 단결정 박막의 형성방법.

청구항 3. 제1항에 있어서, 상기 빔은 단일전자 사이클로트론 공명형 이온 발생원과, 상기 이온 발생원과 상기 아몰포스 박막 또는 상기 다결정 박막 사이의 경로에 배치되는 반사기에 의해 얻어지는 것을 특징으로 하는 단결정 박막의 형성방법.

청구항 4. 플라즈마 화학증착만으로는 소정 물질의 결정화가 일어나지 않는 결정화온도 이하의 온도 하에서 기판 위에 반응 가스를 공급하는 한편, 이와 동시에 형성되어질 단결정 박막 내부에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 기판을 조사하여, 다결정 기판 또는 아몰포스 기판 위에 플라즈마 화학증착을 이용하여 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 5. 제4항에 있어서, 상기 가스는 불활성 가스인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 6. 제5항에 있어서, 상기 불활성 가스를 구성하는 원소의 원자량은 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 원자량 중 최대 원자량보다 작은 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 7. 제4항에 있어서, 상기 소정 물질은 상온에서 가스 상태인 가스상 물질을 구성하는 원소를 포함하며, 상기 가스의 상기 빔은 상기 가스상 물질의 빔인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 8. 제4항에 있어서, 상기 반응가스는 상기 소정 물질에 첨가될 불순물 원소로 구성된 반응가스를 함유하는 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 9. 제6항에 있어서, 복수 종류의 상기 불순물 원소가 사용되며, 복수 종류의 불순물 원소 각각에 의해 구성된 복수 종류의 반응가스가 상기 기판 위에 교대로 제공되는 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 10. 제4항에 있어서, 상기 가스의 상기 빔은 하나의 빔 발생원과 상기 빔 발생원과 상기 기판 사이의 경로에 배치되는 반사기에 의해 얻어지는 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 11. 제10항에 있어서, 상기 빔 발생원은 상기 가스의 이온빔을 발생하는 이온 발생원이고, 상기 반사기는 실질적으로 금속으로 만들어진 금속 반사기인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 12. 제10항에 있어서, 상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명형 이온 발생원인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 13. 시료의 타겟 표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치에 있어서, 상기 시료를 수납하는 용기와, 상기 용기의 소정의 위치에 놓여있는 상기 시료의 상기 타겟표면을 상기 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 상기 빔으로 조사되는 부분의 적어도 일 표면은 상기 용기의 내벽과 상기 용기에 수납된 부재 사이에 상기 빔으로의 조사에 의한 스퍼터링시에 상기 빔에너지보다 높은 문턱에너지를 갖



는 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 14.** 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치에 있어서, 상기 시료를 수납하는 용기와, 상기 용기의 소정 위치에 놓인 상기 시료의 타겟표면을 상기 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 상기 빔으로 조사되는 부분의 부분의 적어도 일 표면은 상기 용기의 내벽과 상기 용기에 수납된 부재 사이에서 상기 시료의 타겟표면 내부의 에너지보다 스퍼터링에 대해 더 높은 문턱에너지를 갖는 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 15.** 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치에 있어서, 상기 시료를 수납하는 용기와, 상기 용기의 소정 위치에 놓인 시료의 타겟표면을 상기 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 상기 빔으로 조사되는 부분의 부분의 적어도 일 표면은 상기 용기의 내벽과 상기 용기에 수납된 부재 사이에서 상기 가스를 구성하는 원소보다 원자량이 더 큰 원소를 함유한 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 16.** 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치에 있어서, 상기 시료를 수납하는 용기와, 상기 용기의 소정 위치에 놓인 상기 시료의 타겟표면을 상기 가스 빔으로 조사하는 빔 발생원을 구비하고, 상기 빔으로 조사되는 부분의 적어도 일 표면은 상기 용기의 내벽과 상기 용기에 수납된 부재 사이에서 상기 시료의 타겟표면을 형성하는 물질과 동일한 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 17.** 제13항에 있어서, 상기 용기 내에 수납된 상기 부재는 상기 빔의 경로 사이에 삽입되어 상기 빔을 복수의 성분으로 분리하고, 서로 다른 방향으로부터 상기 시료의 타겟표면을 상기 복수의 성분으로 조사하는 반사수단을 구비한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 18.** 가스 빔으로 시료의 타겟표면을 조사하는 빔 조사방법에 있어서, 상기 시료를 용기의 소정의 위치에 고정시키는 단계와, 상기 용기 내부에 고정된 상기 시료의 타겟표면을 상기 가스 빔으로 조사하는 단계를 구비하며, 상기 타겟표면은 상기 용기의 내벽과 상기 용기에 수납된 부재 중에서 빔으로 조사되는 표면 부분에서의 스퍼터링의 임계 에너지보다 낮은 에너지를 지닌 빔으로 조사되는 것을 특징으로 하는 빔 조사방법.

**청구항 19.** 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하도록 구성된 단결정 박막 형성방법에 있어서, 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 상기 기판 위에 상기 소정 물질을 증착하고, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 증착된 상기 소정 물질을 일방향으로부터 조사하여, 축 방향으로 배향된 상기 소정 물질의 다결정 박막을 형성하는 단계와, 상기 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 조사하여, 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환하는 단계를 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 20.** 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하도록 구성된 단결정 박막 형성방법에 있어서, 상기 기판 위에 상기 소정 물질을 증착하여 상기 소정 물질의 박막을 형성하는 단계와, 상기 단계 후에, 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 일방향에서 상기 박막을 조사하여, 상기 박막을 축 방향으로 배향된 다결정 박막으로 변환하는 단계와, 상기 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도하에서 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔으로 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 조사하여, 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 단결정 박막으로 변환하는 단계를 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 21.** 제19항에 있어서, 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막 형성시의 상기 가스 빔의 방향은 상기 축 방향으로 배향된 다결정 박막을 상기 단결정 박막으로 변환할 때의 상기 가스 빔의 상기 복수의 방향 중 하나와 동일한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 22.** 제19항에 있어서, 상기 가스는 불활성 가스인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 23.** 제22항에 있어서, 상기 불활성 가스를 구성하는 원소의 원자량은 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 원자량 중에서 최대 원자량보다 작은 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 24.** 제19항에 있어서, 상기 소정 물질은 상온에서 가스 상태인 가스상 물질을 형성하는 원소를 포함하며, 상기 가스 빔은 상기 가스상 물질의 빔인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 25.** 제19항에 있어서, 상기 가스 빔은 전자 사이클로트론 공명 이온발생원에 의해 형성 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 26.** 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치에 있어서, 상기 빔을 공급하는 한 개의 빔 발생원과, 상기 빔 발생원에 의해 공급된 상기 빔을 반사시켜 복수의 입사방향에서 상기 가스 빔으로 상기 타겟표면을 조사할 수 있게 하는 반사수단을 구비하며, 상기 반사수단은, 복수의 방향으로 상기 빔을 반사하는 복수개의 반사면을 갖는 반사기와, 상기 빔 발생원과 상기 반사면 사이의 빔의 경로에 삽입되어 상기 빔을 선택적으로 통과시켜 상기 복수의 반사면에 의한 다중반사를 방지하는 스크린을 구비한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 27.** 제26항에 있어서, 상기 스크린은 상기 빔을 선택적으로 통과시켜 상기 타겟표면을 상기 빔으로 균일하게 조사하는 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 28.** 하나의 빔 발생원에 의해 공급된 가스 빔을 반사시켜, 소정의 복수의 입사방향으로 시료의 타겟표면을 상기 가스로 조사할 수 있도록 하는 빔 반사장치에 있어서, 복수의 방향으로 상기 빔을 반사하는 복수의 반사면을 갖는 반사기와, 상기 빔 발생원과 상기 반사면 사이의 상기 빔의 경로에 삽입되어 상기 빔을 선택적으로 통과시켜 상기 복수의 반사면에 의한 다중반사를 방지하는 스크린을 구비한 것



을 특징으로 하는 빔 반사장치.

**청구항 29.** 제28항에 있어서, 상기 스크린은 상기 빔을 선택적으로 통과시켜 상기 타겟표면을 상기 빔으로 균일하게 조사하는 것을 특징으로 하는 빔 반사장치.

**청구항 30.** 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치에 있어서, 상기 빔을 공급하는 한 개의 빔 발생원과, 상기 빔 발생원에 의해 공급된 상기 빔을 반사시켜, 소정의 복수의 입사방향으로 상기 타겟표면을 상기 가스로 조사할 수 있도록 하는 반사수단을 구비하며, 상기 반사수단은, 상기 빔 발생원에 의해 공급되는 상기 빔의 경로에 배치되어 상기 빔을 복수의 방향으로 반사시켜 상기 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 복수의 발산 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사 표면을 구비하며 상기 복수의 발산 빔을 더 반사시켜 복수의 방향으로 부터 거의 평행한 빔으로서 상기 타겟표면에 입사되도록 하는 제2반사기를 구비한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 31.** 제30항에 있어서, 상기 반사수단은, 상기 제1반사기와 상기 기판 사이의 상기 빔의 경로에 설치되어 상기 빔의 방향을 정렬시키는 교정수단을 더 구비한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 32.** 제30항에 있어서, 상기 반사수단은, 상기 빔 발생원과 상기 제1반사기 사이의 빔 경로에 삽입되어 상기 빔 경로에 수직인 단면 상에 상기 빔의 분포를 조절하며, 상기 제1반사기에 의해 상기 복수의 방향으로 반사된 빔 성분 각각의 양을 조절하는 빔 분포 조절수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 33.** 한 개의 빔 발생원에 의해 공급된 가스 빔을 반사시켜 복수의 소정의 입사방향으로 시료의 타겟표면을 상기 가스로 조사할 수 있도록 하는 빔 반사장치에 있어서, 복수의 방향으로 상기 빔을 반사시켜 상기 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 발산 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사면을 가지며 상기 복수의 발산 빔을 더 반사시켜 복수의 방향으로 부터 상기 타겟표면에 거의 평행 빔으로서 입사되도록 하는 제2반사기를 구비한 것을 특징으로 하는 빔 반사장치.

**청구항 34.** 시료의 타겟표면을 가스 빔으로 조사하는 빔 조사장치에 있어서, 상기 가스 빔을 공급하는 복수의 빔 발생원과, 상기 복수의 빔 발생원에 의해 공급된 빔을 반사시켜, 복수의 소정의 입사방향으로 상기 타겟표면의 공통 영역을 가스로 조사할 수 있도록 하는 복수의 반사수단을 구비하며, 상기 반사수단 각각은, 각각의 상기 빔 발생원에 의해 공급되는 상기 각 빔의 경로에 배치되어 상기 빔을 반사시켜 상기 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사 표면을 가지며 상기 발산 빔을 더 반사시켜 선형 또는 스트립 형태의 상기 타겟표면의 상기 공통영역에 거의 평행한 빔으로서 입사되도록 하는 제2반사기를 구비하는 한편, 상기 빔조사장치는 상기 선형 또는 스트립 형태의 공통영역과 교차하는 방향으로 상기 시료를 조사하는 미송수단을 더 구비한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 35.** 제34항에 있어서, 상기 반사수단 각각은 상기 제1반사기와 상기 기판 사이의 빔 경로에 설치되어 빔의 방향을 정렬하는 교정수단을 더 구비한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

**청구항 36.** 한 개의 빔 발생원에 의해 공급된 가스 빔을 반사시켜 복수의 소정의 입사방향으로 시료의 타겟표면을 가스로 조사할 수 있도록 하는 빔 반사장치에 있어서, 상기 빔을 반사시켜 상기 빔의 진행에 따라 2차원적으로 확대되는 빔 단면을 갖는 발산 빔을 발생하는 제1반사기와, 오목한 반사면을 가지며 상기 발산 빔을 더 반사시켜 상기 타겟표면의 직선 또는 스트립 형태의 영역에 거의 평행 빔으로서 입사되도록 하는 제2반사기를 구비한 것을 특징으로 하는 빔 반사장치.

**청구항 37.** 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법에 있어서, (a) 기판 위에 상기 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 박막 위에 마스킹 물질을 형성하는 단계와, (c) 상기 마스킹 물질을 선택적으로 제거하는 단계와, (d) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서 선택적으로 제거된 상기 마스킹 물질을 스크린으로 사용하여, 형성될 상기 단결정 박막 내부에 서로 다른 방향을 갖는 복수의 가장 밀도가 큰 결정면에 수직인 방향으로 부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 단계를 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 38.** 제37항에 있어서, 상기 단계 (d)에서 상기 빔을 가하는 방향을 변화시키는 동안, 상기 단계 (b) 내지 (d)를 여러번 수행함으로써, 상기 박막을 복수 종류의 결정배향을 갖는 단결정으로 선택적으로 변환하는 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 39.** 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법에 있어서, (a) 기판 위에 상기 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 박막 위에 마스킹 물질을 형성하는 단계와, (c) 상기 마스킹 물질을 선택적으로 제거하는 단계와, (d) 선택적으로 제거된 상기 마스킹 물질을 스크린으로 이용하면서 상기 박막을 에칭하며, 상기 기판 위에 특정영역을 남겨두면서 상기 박막을 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서, 형성되어질 상기 단결정 박막 내에서 서로 다른 방향을 갖는 밀도가 가장 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로 부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 단계를 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 40.** 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법에 있어서, (a) 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서, 형성되어질 단결정 박막내에서 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로 부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 단계와, (c) 상기 단계 (b) 이후에 상기 박막 위에 마스킹 물질을 형성하는 단계와, (d) 상기 마스킹 물질을 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 선택적으로 제거된 상기 마스킹 물질을 스크린으로 이용하면서 상기 박막을 에칭하며, 상기 박막을 선택적으로 제거하는 단계를 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

**청구항 41.** 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법에 있어서, (a) 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 단계 (a)를 수행하는 동안 단계 (a) 만으로는 상기 소정

물질의 결정화를 일으키지 않는 온도에서 형성되어질 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 복수의 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 야기시키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 단계와, (c) 상기 단계 (a) 및 (b) 이후에 상기 박막 위에 마스크를 형성하는 단계와, (d) 상기 마스크를 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 선택적으로 제거된 상기 마스크를 스크린으로 이용하면서 박막을 에칭하여, 박막을 선택적으로 제거하는 단계를 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 42. 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 방법에 있어서, (a) 기판 위에 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 단계와, (b) 상기 소정 물질의 결정화 온도 이하의 온도에서, 형성된 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스빔을 상기 기판에 조사하는 단계와, (c) 상기 단계 (b) 이후에 상기 박막 위에 마스크를 형성하는 단계와, (d) 상기 마스크를 선택적으로 제거하는 단계와, (e) 선택적으로 제거된 상기 마스크를 스크린으로 이용하면서, 형성된 상기 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직하면서 상기 단계 (b)에서의 방향과는 다른 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 단계를 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 43. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 형성될 상기 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 조사수단과, 상기 조사수단에 대해 기판이 주사되도록 하는 기판 이동수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 44. 제43항에 있어서, 상기 기판에 대해 상기 가스 빔의 단면을 스트립 형상으로 만드는 빔 집광수단을 더 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 45. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 가스의 빔을 공급하는 한 개의 빔 발생원과, 상기 빔 발생원에 의해 공급된 빔의 적어도 일부를 반사하여, 소정의 복수의 입사방향에서 상기 기판에 대해 상기 가스를 조사하는 반사기와, 상기 반사기의 경사각을 변화시키기 위한 반사기 구동수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 46. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 가스 빔을 공급하는 한 개의 빔 발생원과, 그 각각이 상기 빔 발생원에 의해 공급된 상기 빔의 적어도 일부를 반사하여, 반사기의 경사각에 관련된 소정의 복수의 입사방향에서 기판에 대해 가스를 조사하는 복수의 반사기와, 상기 복수의 반사기에서 소정의 반사기를 선택하여 상기 빔을 반사하는데 이용하는 반사기 교체수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 47. 제43항에 있어서, 상기 기판 위에 상기 단결정 박막과 동일한 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단을 더 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 48. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 상기 기판의 표면을 에칭하기 위한 에칭수단과, 상기 기판의 상기 표면에 상기 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단과, 형성된 단결정 박막 내에서 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 조사수단과, 상기 기판을 서로 연통하는 상기 수단에 수납하기 위한 처리 챔버를 구비하고, 각각의 상기 처리 챔버 내부로 또는 그것으로부터 상기 기판을 집어넣거나 배출하기 위한 기판 이동수단을 더 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 49. 단결정 구조를 갖는 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 형성된 상기 단결정 박막 내에 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 조사수단과, 상기 기판의 결정축 방향과 상기 빔의 입사방향 사이의 소정의 관계를 설정하기 위해 상기 기판의 자세를 제어하는 자세 제어수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 50. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 반응 가스를 공급하여 상기 기판 위에 상기 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단과, 형성된 상기 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 조사수단과, 상기 기판을 회전시키는 기판 회전수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 51. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 반응 가스를 공급하여 상기 기판 위에 상기 소정 물질의 아몰포스 또는 다결정 박막을 형성하는 막 형성수단과, 형성된 상기 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 상기 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 조사수단을 구비하고, 상기 막 형성수단은 상기 기판에 대해 반응 가스를 공급하기 위한 공급경로의 단부를 회전시키기 위한 공급 시스템 회전수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 52. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 형성된 상기 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 복수의 가스 빔을 상기 기판에 각각 조사하는 복수의 조사수단과, 상기 복수의 조사수단의 작동상태를 독립적으로 각각 제어하는 제어수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 53. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 형성된 상기 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직인 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 이온발생원에 의해 공급된 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 조사수단과, 상기 이온발생원과 상기 기판의 양단에 이온을 가속화하는 방향으로 바이어스 전압을 인가하기

위한 바이어스 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 54. 기판 위에 소정 물질의 단결정 박막을 형성하는 장치에 있어서, 이온발생원의 이온 출구 근처에 설치된 격자를 구비하고, 형성될 상기 단결정 박막 내의 서로 다른 방향을 갖는 가장 밀도가 높은 복수의 결정면에 수직한 방향으로부터, 소정 물질의 스퍼터링을 일으키지 않는 저에너지 레벨의 이온 발생원에 의해 공급된 가스 빔을 상기 기판에 조사하는 조사수단과, 상기 이온발생원으로부터 이온을 추출하기 위한 조건을 제어하기 위해 상기 격자에 전압을 인가하는 격자 전압 인가수단을 구비한 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 55. 제37항 또는 제38항에 있어서, 상기 가스를 구성하는 원소의 원자량은 상기 소정 물질을 구성하는 원소의 원자량 중에서 최대 원자량보다 작은 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

청구항 56. 제37항 또는 제38항에 있어서, 상기 가스를 구성하는 원자의 원자량은 상기 마스크재를 구성하는 원소의 원자량 중에서 최대 원자량보다 작은 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성방법.

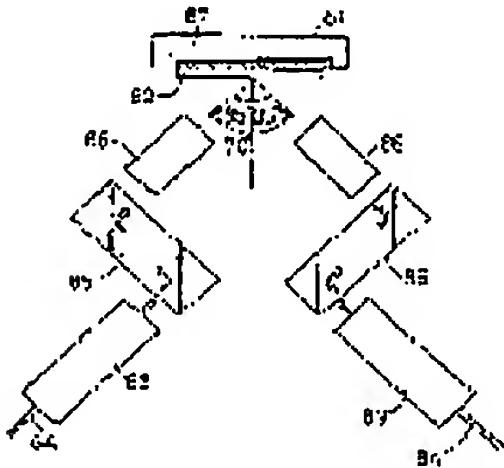
청구항 57. 제43항에 있어서, 상기 조사수단은 전자 사이클로트론 공명형 이온발생원을 구비하고, 상기 가스 빔은 상기 이온발생원에 의해 공급되는 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

청구항 58. 제45항에 있어서, 상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명형 이온발생원인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

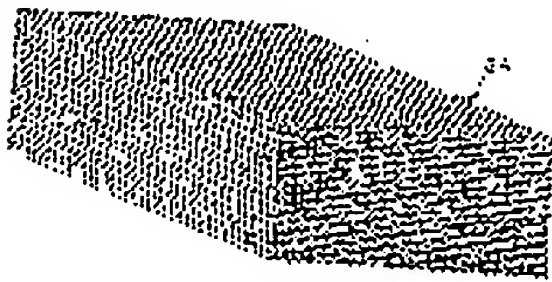
청구항 59. 제53항에 있어서, 상기 빔 발생원은 전자 사이클로트론 공명형 이온발생원인 것을 특징으로 하는 단결정 박막 형성장치.

도면

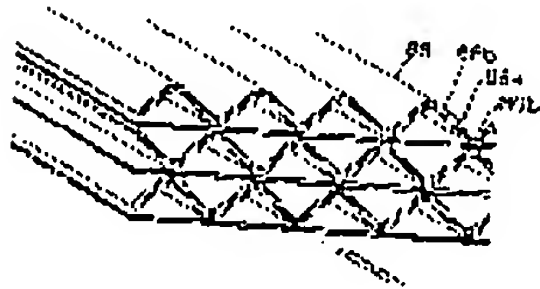
도면1



도면2a



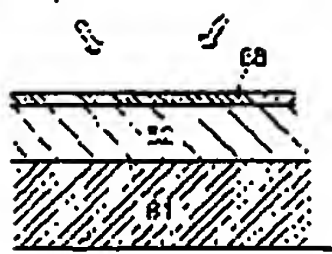
도면2b



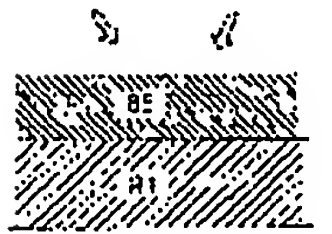
도면2c



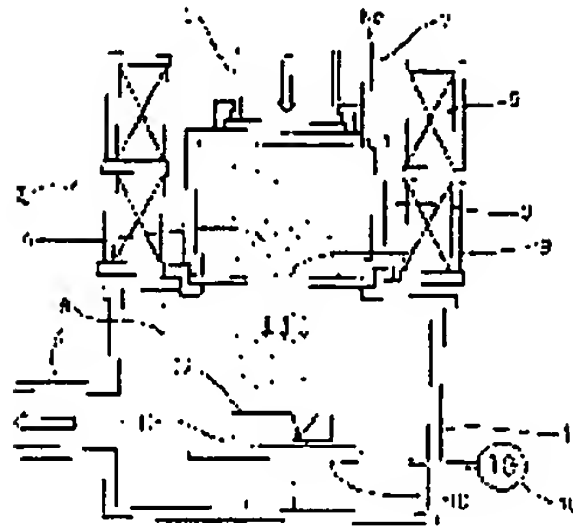
도 3a



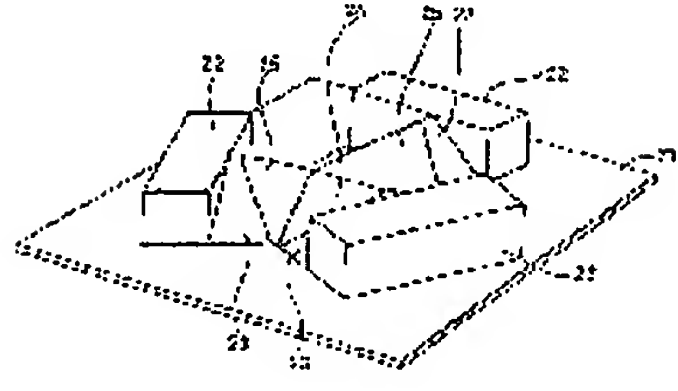
도 3b



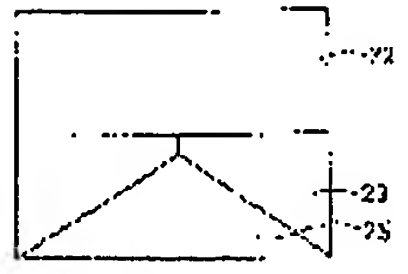
도 4



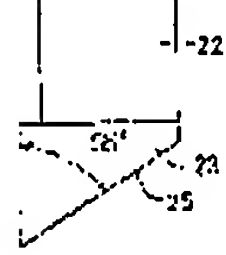
도 5



도 6a

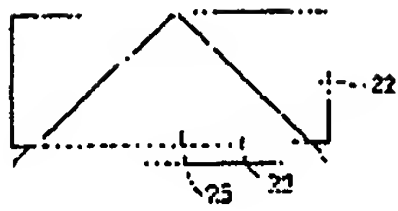


도 6b

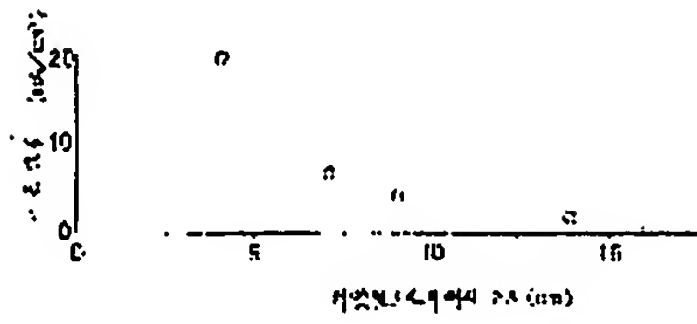




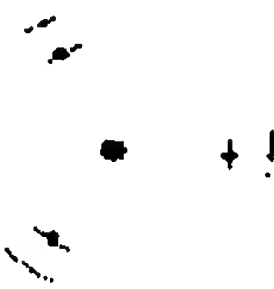
도면6



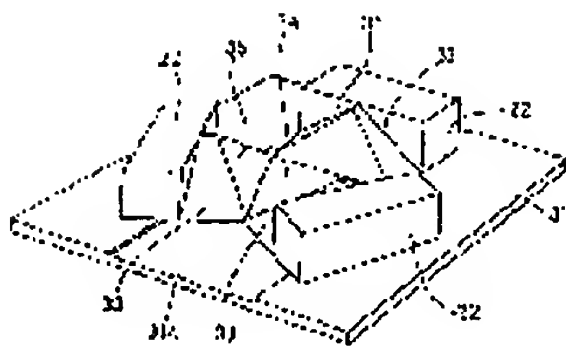
도면7



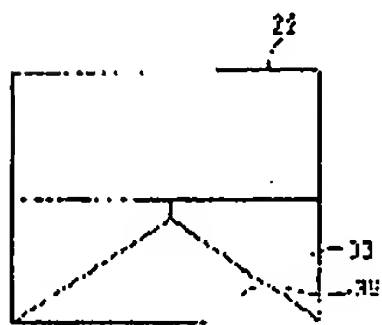
도면8



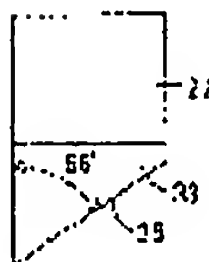
도면9



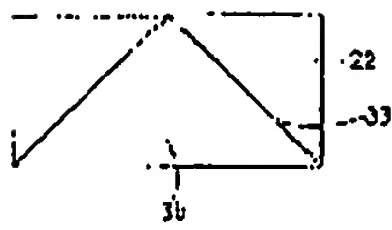
도면10a



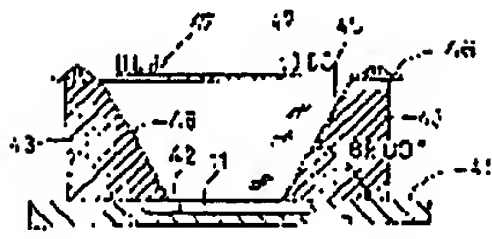
도면10b



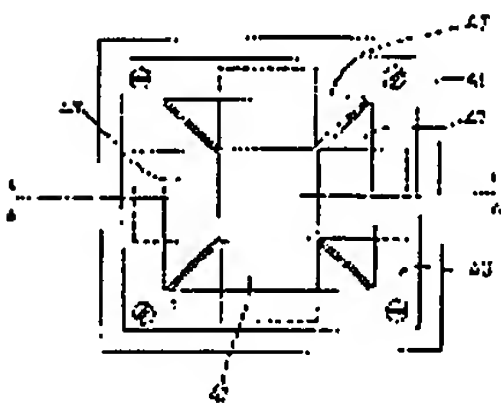
도면10a



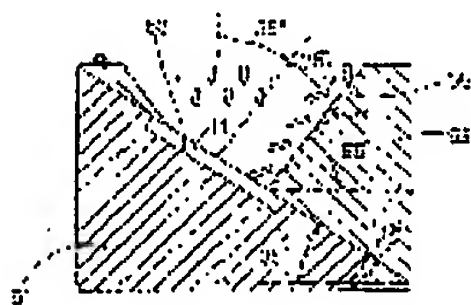
도면11a



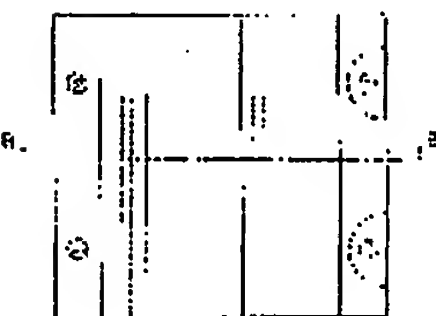
도면11b



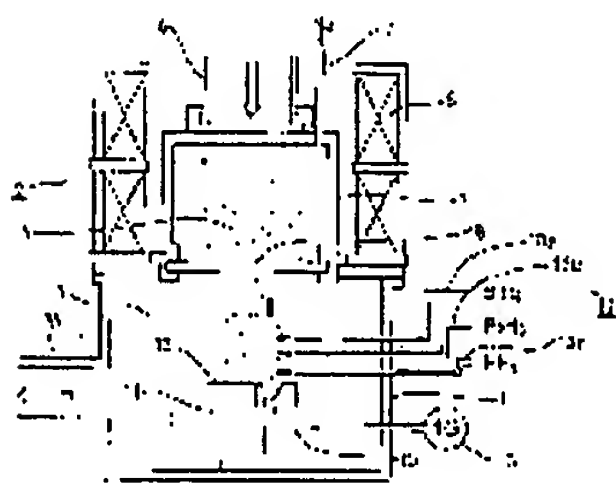
도면12a



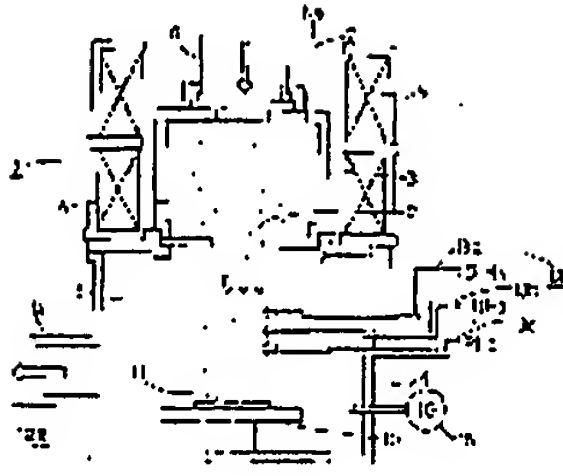
도면12b



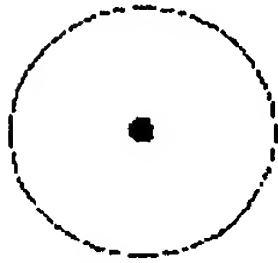
도면13



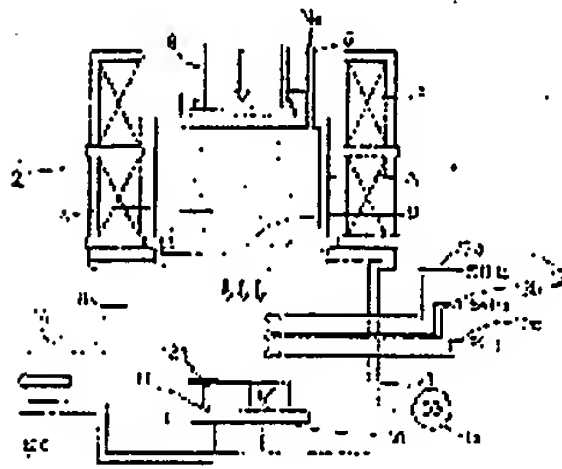
도면14



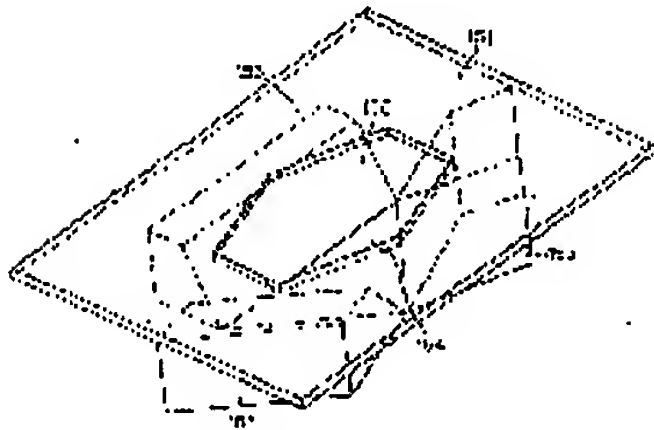
도면15



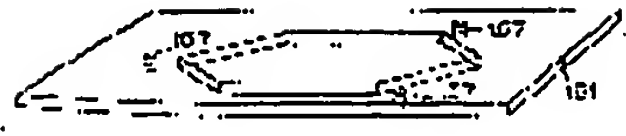
도면16



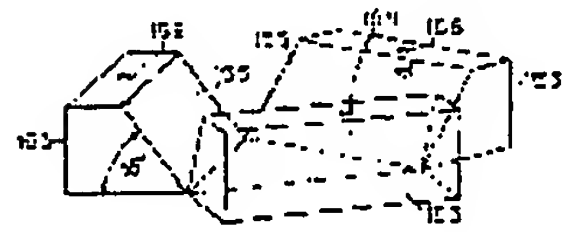
도면17



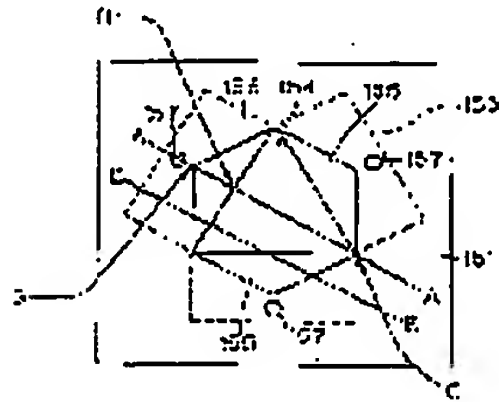
도 19



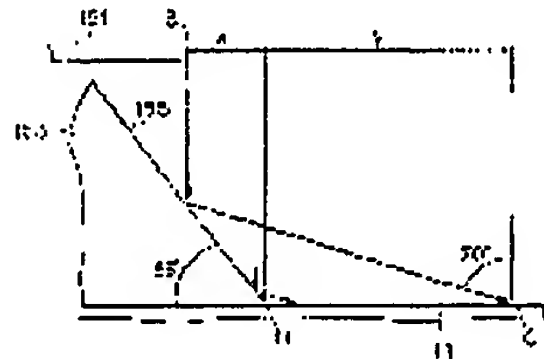
도 20



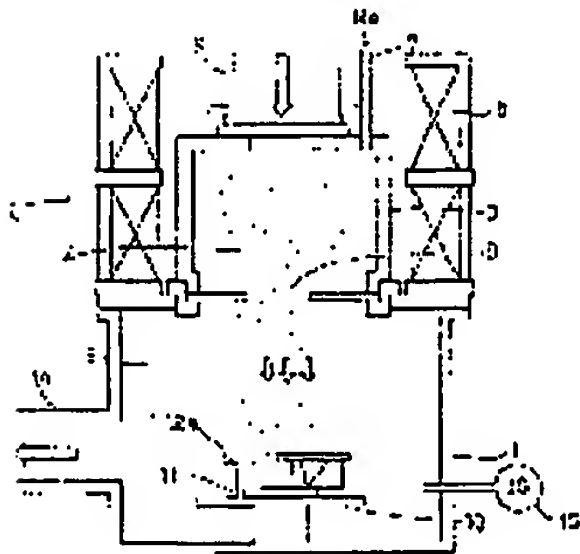
도 21



도 22

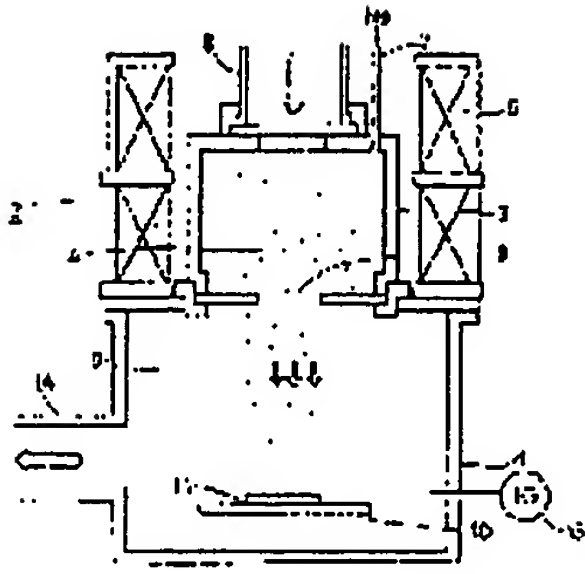


도 23

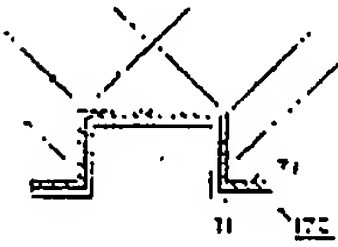




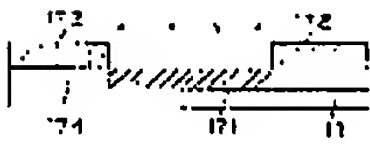
도 24



도 25



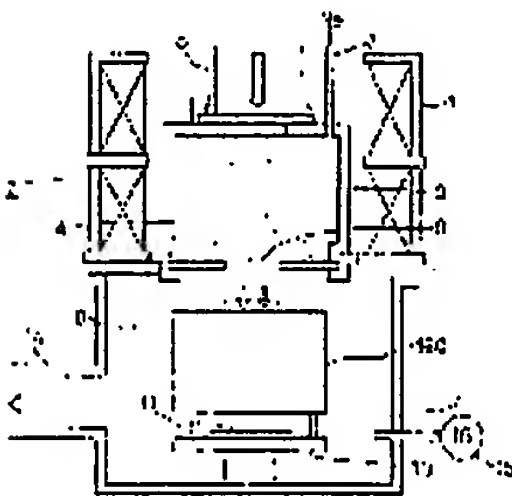
도 26



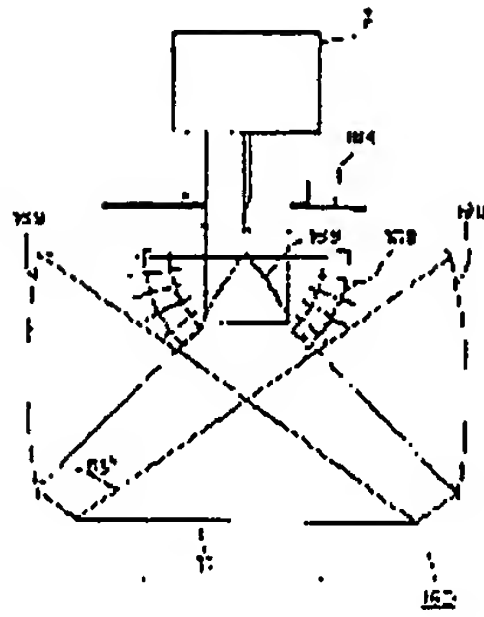
도 27



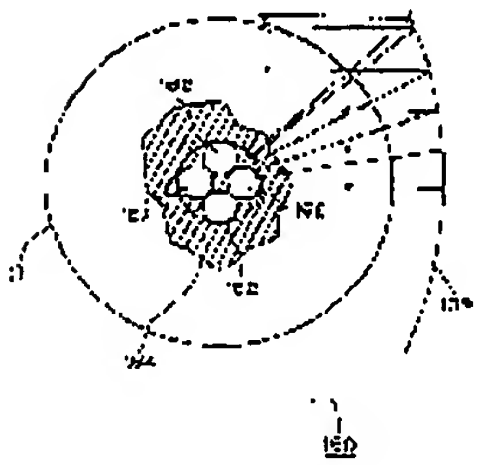
도 28



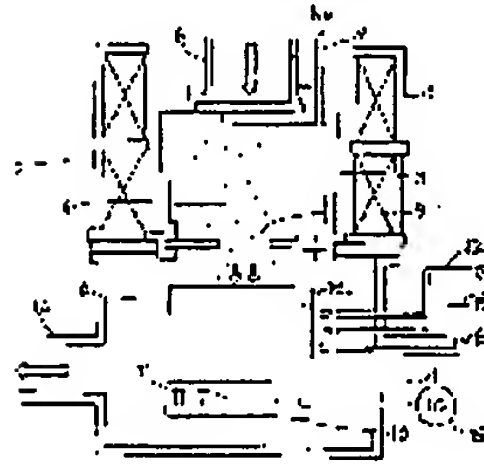
도 28



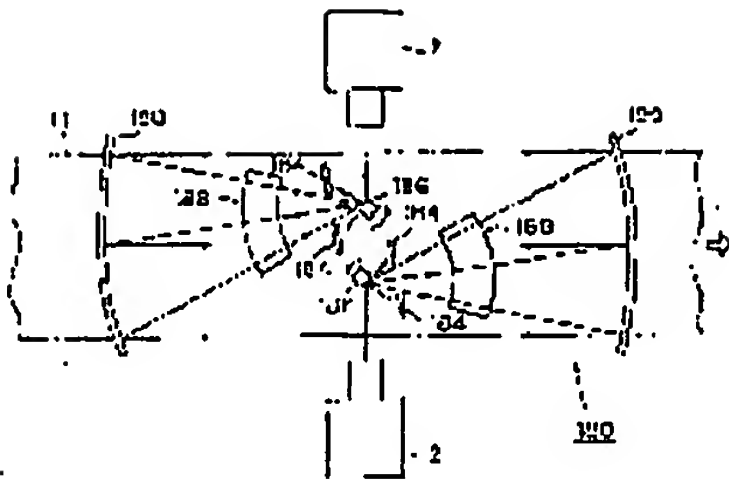
도 29



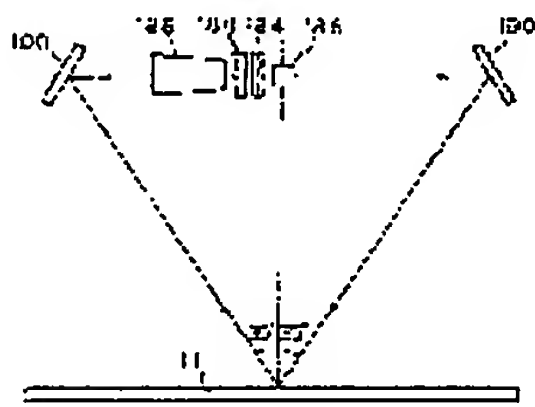
도 30



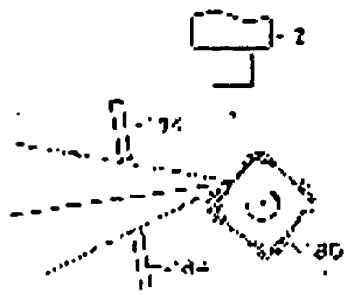
도 33



도 34

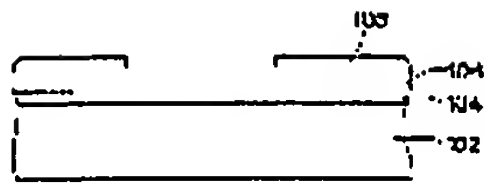


도 35

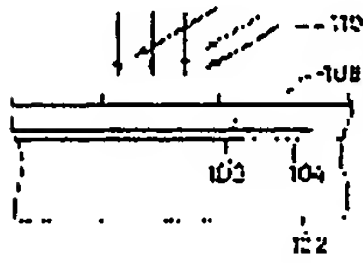




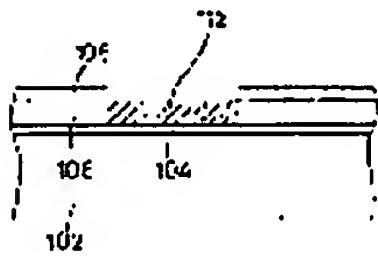
도면38



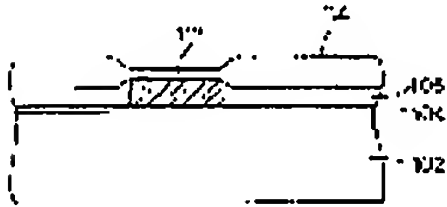
도면39



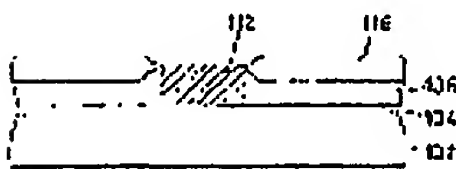
도면40



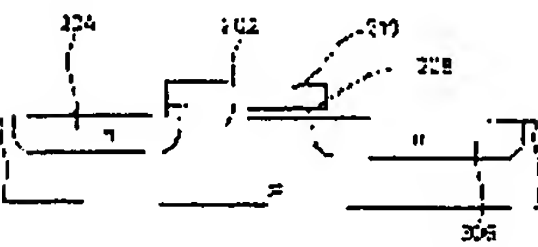
도면41



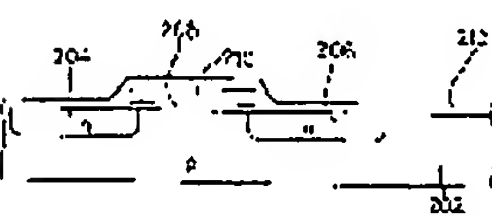
도면42



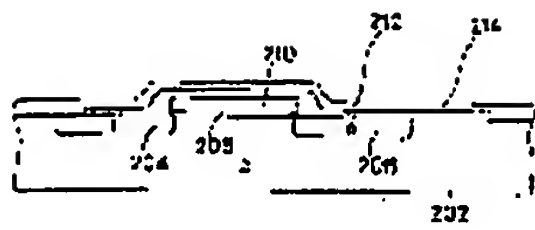
도면43



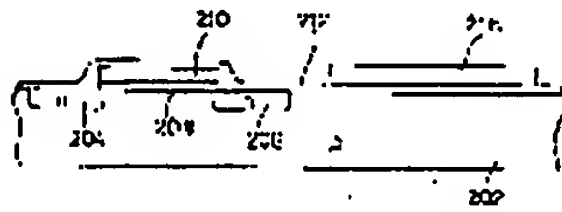
도면44



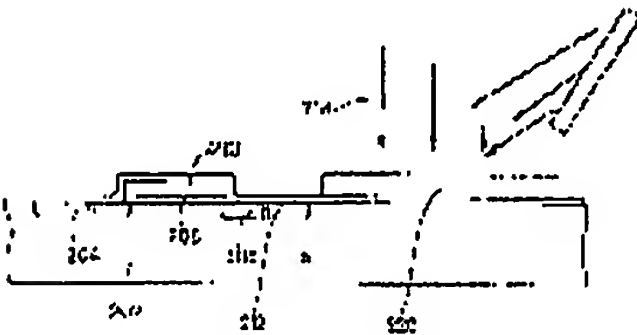
도면45



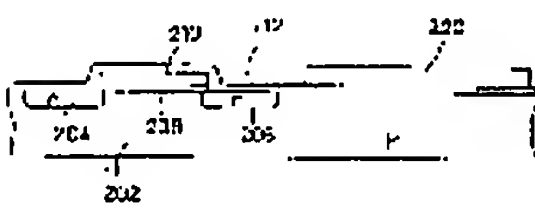
도면46



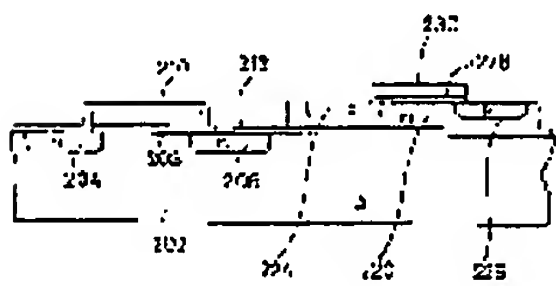
도면47



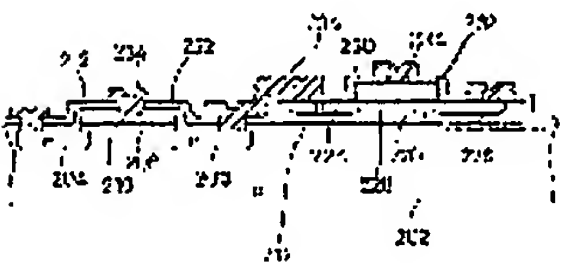
도면48



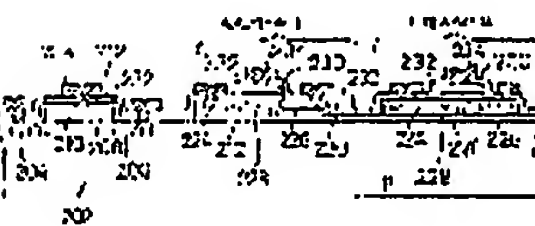
도면49



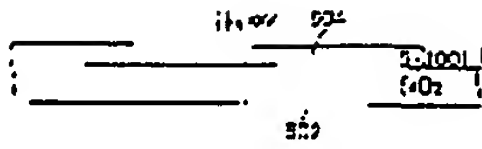
도면50



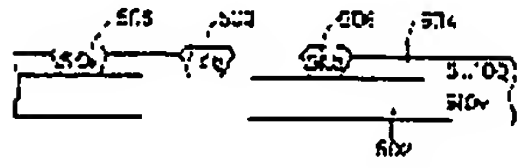
도면51



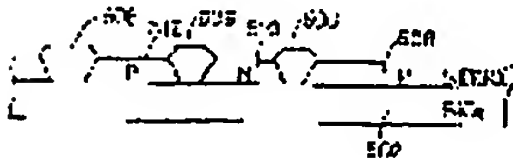
도 252



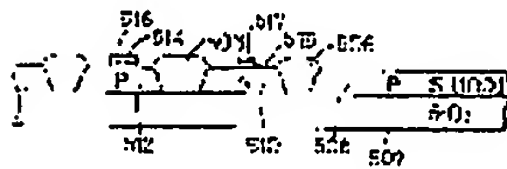
도 253



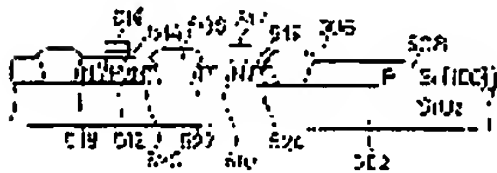
도 254



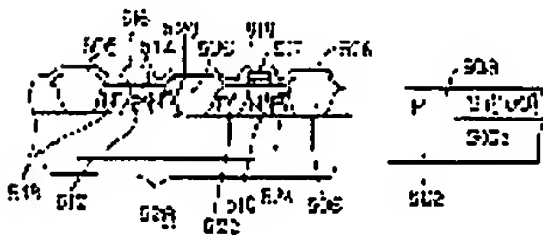
도 255



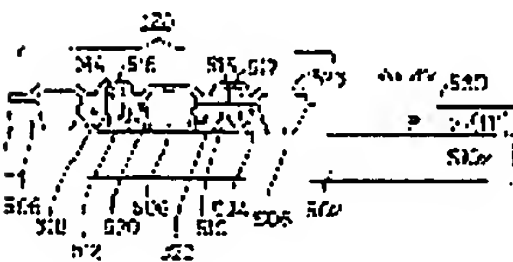
도 256



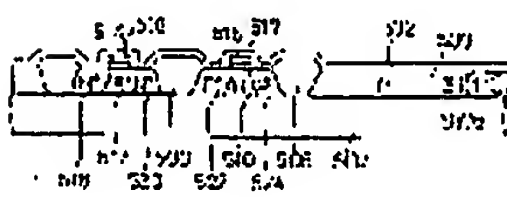
도 257



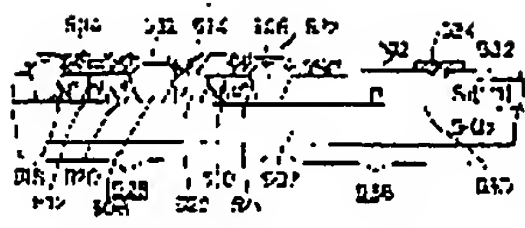
도 258



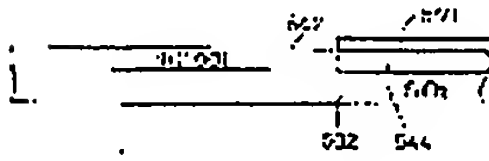
도 259



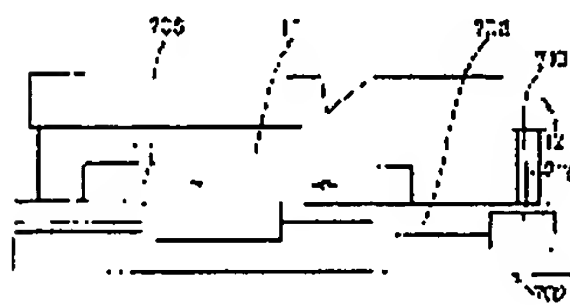
도 2180



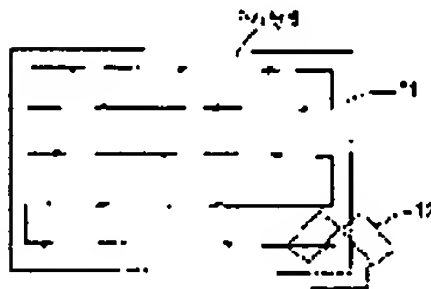
도 2181



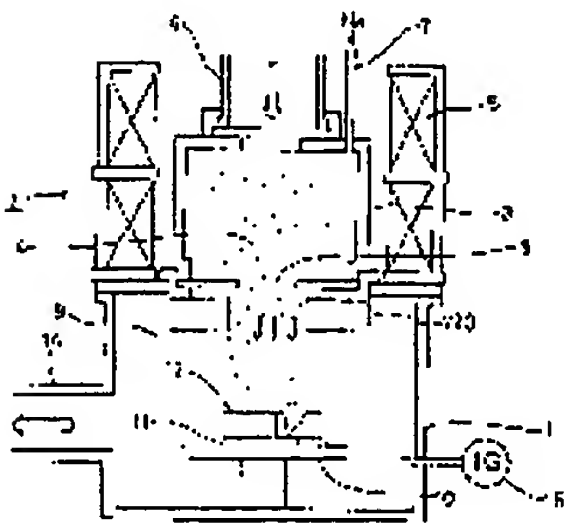
도 2182



도 2183

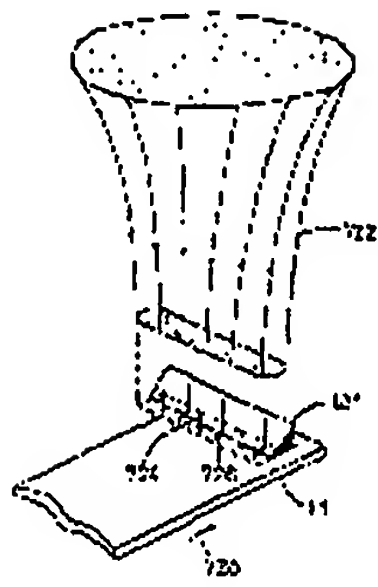


도 2184

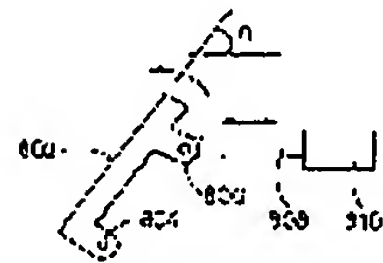




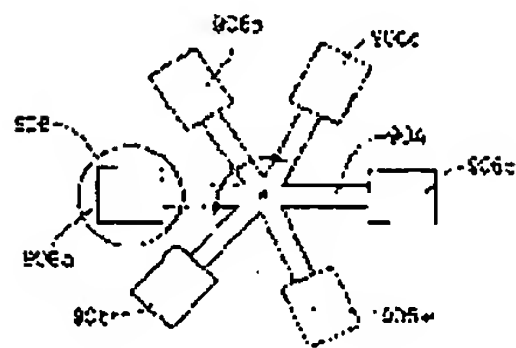
도면85



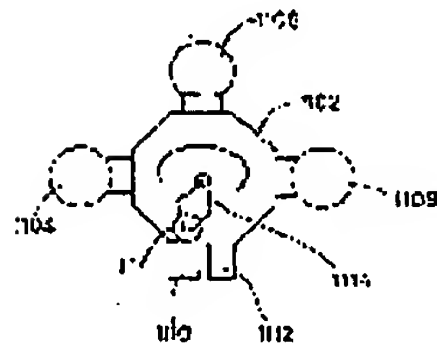
도면86



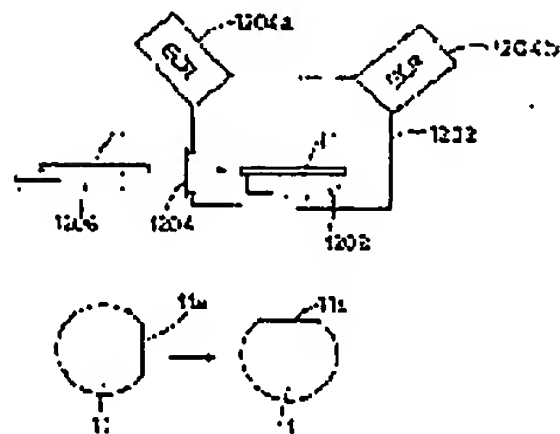
도면87



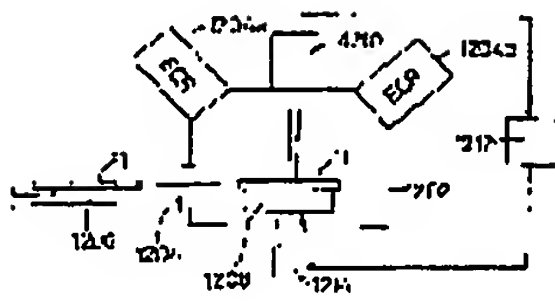
도면88



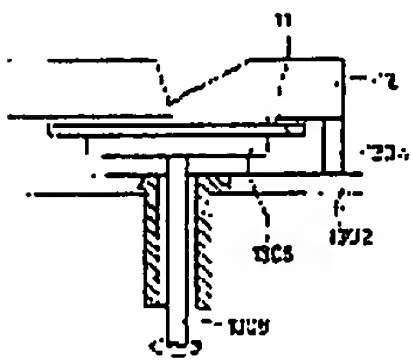
도면89



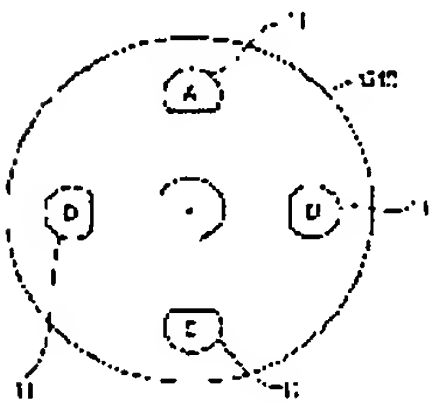
도면70



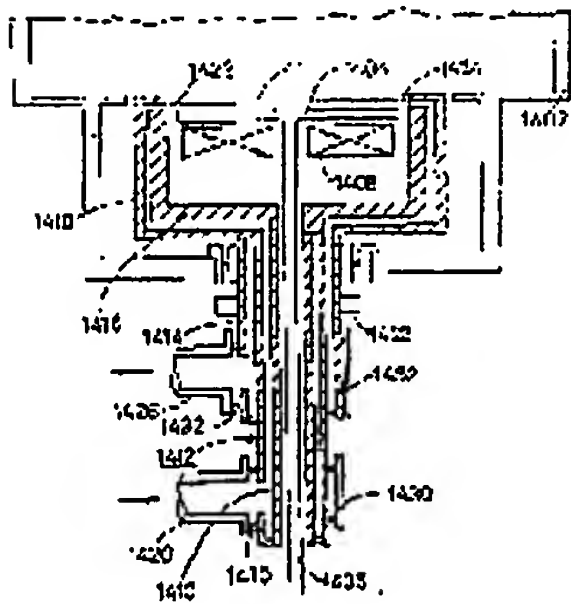
도면71



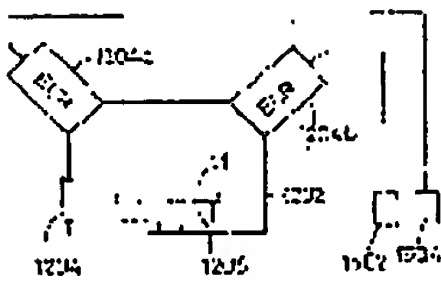
도면72



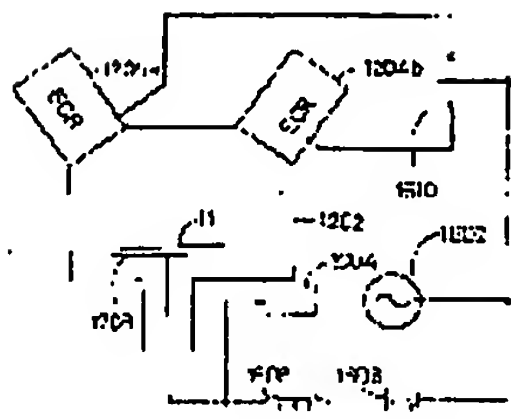
도면73



도면74



도 175



도 176

